

THESIS

MUNICH

1967

Untersuchungen
zur Standardisierung des
Orthostaseversuches
im Kindes- und Jugendalter

von

HELGE BETTAG

1967

LANE MEDICAL LIBRARY OF
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR
PALO ALTO, CALIFORNIA



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Pädiatrischen Poliklinik der Universität München
ehem. Direktor: Professor Dr. med. G. Weber

UNTERSUCHUNGEN ZUR STANDARDISIERUNG DES ORTHOSTASE -
VERSUCHES IM KINDES- UND JUGENDALTER

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilians - Universität
zu München

vorgelegt von
Helge Bettag
aus Speyer

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof. Dr. Th. Hellbrügge

Correferent: Prof. Dr. D. Vogt

Dekan: Prof. Dr. M. Kiese

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Februar 1967

Meinen Eltern

gewidmet

I n h a l t

	Seite
Einleitung	9
I. Regelmechanismus der Selbststeuerung des Kreislaufsystems nach Angaben in der Literatur.....	11
II. Der Einfluß des Lagewechsels auf den Kreislauf nach Angaben in der Literatur	14
III. Der Orthostaseversuch, eine Methode zur Kreislauffunktionsprüfung nach Angaben in der Literatur	19
1. Historischer Überblick	19
2. Bedeutung des Orthostaseversuches	20
3. Beurteilung von Orthostaseversuchen nach Angaben in der Literatur	21
a) Qualitative Gesichtspunkte	21
b) Kritik einer Beurteilung nach qualitativen Gesichtspunkten	24
c) Beurteilung von Orthostaseversuchen bei Erwachsenen nach quantitativen Gesichtspunkten	26
d) Beurteilung von Orthostaseversuchen im Kindes- und Jugendalter nach quantitativen Gesichtspunkten	27
IV. Eigene Untersuchungen	32
1. Untersuchungsgut	32
2. Meßanordnung	37
3. Versuchsanordnung	39
4. Angewandte statistische Methoden	40
5. Ergebnisse	41
a) Abhängigkeit von Blutdruck und Pulsfrequenz in Ruhe von Lebensalter und Geschlecht	41

b) Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz bei Orthostaseversuchen an Heranwachsenden	57
c) Versuch einer Standardisierung des Orthostaseversuches im Kindes- und Jugendalter	72
6. Diskussion der Ergebnisse	84
V. Zusammenfassung	94
Literaturverzeichnis	96
Lebenslauf	

Übersicht über die Abbildungen und Tabellen

Abbildungen:	Seite
Abb. 1: Schema der Kreislaufregelung (nach STEGEMANN und MAGGIO)	13
Abb. 2 a u. b: Pathologische Formen von Orthostaseversuchen nach SCHELLONG; a) hypotone, b) hypodynamie Form der orthostatisch bedingten Kreislaufregulationsstörung (aus EWERBECK und WECHSELBERG)	23
Abb. 3: Veränderung verschiedener Kreislaufgrößen im Orthostaseversuch bei 208 Jungen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren	59
Abb. 4: Veränderung verschiedener Kreislaufgrößen im Orthostaseversuch bei 209 Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren	60
Abb. 5: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen des systolischen Blutdrucks in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren	62
Abb. 6: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen des diastolischen Blutdrucks in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren	64

- Abb. 7: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen der Pulsfrequenz in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren 68
- Abb. 8: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen der Blutdruckamplitude in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 417 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren 70
- Abb. 9: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhepuls am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (■) 73
- Abb. 10: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (■) 75
- Abb. 11: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhewert des diastolischen Blutdrucks am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (■) 77
- Abb. 12: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Blutdruckamplitude am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (■) 80

Abb. 13: Prozentuale Häufigkeit der Fälle mit Kreislaufversagen ($n=39$) in den einzelnen Stehminuten bei Orthostaseversuchen an 338 Heranwachsenden im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

Tabellen:	Seite
Tab. 1: Pulsfrequenz und Blutdruck in Ruhe und nach 20 min Stehen bei 50 Kindern im Alter von 7 bis 10 Jahren (nach THIELE)	28
Tab. 2: Normweite für einige Kreislaufgrößen in der 10. Stehminute nach verschiedenen Untersuchern	30
Tab. 3: Körperlänge und Körpergewicht bei 210 männlichen Personen unseres Untersuchungsgutes verglichen mit den Normwerten von VOGT	35
Tab. 4: Körperlänge und Körpergewicht bei 210 weiblichen Personen unseres Untersuchungsgutes verglichen mit den Normwerten von VOGT	36
Tab. 5: Optimale Manschettenbreite für verschiedene Meßstellenumfänge (nach KIRSCHSIEPER und RUTENFRANZ)	38
Tab.6a: Pulsfrequenz in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	43
Tab.6b: Pulsfrequenz in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	44
Tab.7a: Systolischer Blutdruck in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	47

	Seite
Tab. 7b: Systolischer Blutdruck in der 4. Liege- minute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	48
Tab. 8a: Diastolischer Blutdruck in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	51
Tab. 8b: Diastolischer Blutdruck in der 4. Liege- minute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht	52
Tab. 9a: Blutdruckamplitude in der letzten Liege- minute vor Beginn der Stehzeit in Abhän- gigkeit von Alter und Geschlecht	54
Tab. 9b: Blutdruckamplitude in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängig- keit von Alter und Geschlecht	55
Tab. 10: Mittlere Abweichungen von systolischem und diastolischem Blutdruck, Blutdruck- amplitude und Pulsfrequenz in der 1. Steh- minute von den entsprechenden Ruhewerten (letzte Liegeminute vor Beginn der Stehzeit) bei Orthostaseversuchen an 420 Jungen und Mädchen im Alter von 6 bis 18 Jahren	58
Tab. 11: Mittelwerte und Streuungen des systolischen Blutdrucks in der 4. Liege- und 15. Steh- minute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion	63

- Tab. 12: Mittelwerte und Streuungen des diastolischen Blutdrucks in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion 65
- Tab. 13: Mittelwerte und Streuungen der Pulsfrequenz in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion 67
- Tab. 14: Mittelwerte und Streuungen der Blutdruckamplitude in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 417 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion 69
- Tab. 15: Mittelwerte und Streuungen der Differenzen zu den Ruhewerten von Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen. Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion 78
- Tab. 16: Anstieg der Ruhewerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks bei Heranwachsenden zwischen 6. und 18., 6. und 16., 6. und 14. sowie 10. und 18. Lebensjahr nach Blutdruckmessungen verschiedener Untersucher 91

Einleitung

Das häufige Auftreten orthostatisch bedingter Kreislaufstörungen im Kindes- und Jugendalter mit ihren mannigfachen subjektiven Beschwerden, die die allgemeine Leistungsfähigkeit unter Umständen erheblich einschränken können, macht die Bedeutung des Orthostaseversuches, der dem Arzt die Diagnosestellung dieser Krankheit ermöglichen soll, ohne weiteres verständlich. So ist der Orthostaseversuch eine vor allem auch in der kinderärztlichen Praxis häufig angewandte Methode zur Prüfung der Kreislaufregulation bei aufrechter Körperhaltung.

Trotz dieser Bedeutung gibt es aber erstaunlicherweise bis heute keine allgemein anerkannte Standardisierung des Orthostaseversuches. Die Anwendung verschiedener Manschettenbreiten, die verschieden lange Dauer der Ruhezeit vor dem Aufstehen, die unterschiedliche Dauer der Stehzeit und vor allem die uneinheitlichen Auffassungen bezüglich der Kriterien zur Abgrenzung normaler und pathologischer Formen der orthostatischen Kreislaufreaktion schränken den diagnostischen Aussagewert des Orthostaseversuches bisher erheblich ein. Ausserdem ist die Anzahl der bisher untersuchten gesunden Kinder und Jugendlichen nicht sehr groß.

So erschien es sinnvoll, durch Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Heranwachsenden den Versuch einer Standardisierung des Orthostaseversuches im Kindes- und Jugendalter vorzunehmen.

Im Folgenden werden zunächst nach einem Einblick in die Vorgänge der Kreislaufregelung die Methoden einer Beurteilung des Stehversuches sowie die bisher von anderen

Untersuchern vorliegenden Ergebnisse von Orthostaseversuchen anhand der Literatur besprochen. Anschließend soll über unsere Ergebnisse bei Orthostaseversuchen an 420 Heranwachsenden beiderlei Geschlechts im Alter zwischen 6 und 18 Jahren berichtet werden.

I. Regelmechanismus der Selbststeuerung des Kreislaufsystems nach Angaben in der Literatur

Der biologische Ablauf der Selbststeuerung des Kreislaufs wird von WAGNER (77) mit einem Regelmechanismus verglichen, wie er in der Technik zur Aufrechterhaltung der verschiedenen Zustandsgrößen benutzt wird. Aufgabe der Regelung in der Technik ist die Konstanterhaltung einer bestimmten Betriebsgröße, die durch Störeinflüsse Schwankungen unterworfen ist.

Mit der Klärung der Zusammenhänge der Regelung des Kreislaufs haben sich vor allem WAGNER (77); (78); BREHM und WEZLER (8); REINDELL, SCHILDGE, KLEPZIG und KIRCHHOFF (48); STEGEMANN und MAGGIO (69); sowie REICHEL (46) beschäftigt. Dem Verständnis dieses Systems der Regelkreise dient das folgende Schema der Regelung des Kreislaufs (Abb. 1). Belastungen, die auf den Kreislauf einwirken, stören das Gleichgewicht innerhalb dieses Systems. Ein Ausgleich erfolgt durch die Regler (R): Pulsfrequenz, Schlagvolumen und peripherer Gesamtwiderstand. Als Meßwerk aller Regler, die an der sämtlichen Regelkreisen gemeinsamen Regelstrecke S (mittlerer Blutdruck) angreifen, fungiert der Druck an den Pressorezeptoren (X_1 , X_2 , X_3) des arteriellen Systems. Von hier ziehen afferente Bahnen zum Schaltzentrum, dem Vasomotorenzentrum in der Medulla oblongata, dem wiederum hypothalamische und kortikale Zentren übergeordnet sind. Für jeden Impuls, der auf efferenten Bahnen zum Herzen und zu den Gefäßen geschickt wird, kommen afferente Impulse von den Pressorezeptoren zum Vasomotorenzentrum zurück, wo die folgenden efferenten Impulse modifiziert werden. Es wird also durch Rückkoppelung im Zentrum eine Gegenschaltung, d.h. eine

gegenregulatorische Maßnahme auf die Regelstrecke ausgelöst. Alle Regler sind auf altersabhängige, konstante Ruhesollwerte für arteriellen Blutdruck, Pulsfrequenz und Schlagvolumen eingestellt. Verändert man die Führungsgrößen W: Stellung des Körpers im Schwerfeld der Erde, körperliche Aktivität und Sauerstoffsättigung des Blutes, so kommt es zu einer Sollwertverstellung der Regler. Daraus resultiert zunächst eine Abweichung der Regelgröße vom Sollwert und dann eine erneute Einstellung des augenblicklichen Istwertes auf den geänderten Sollwert. Wird diese Einstellung schnell, rationell und elastisch vom Herz- Kreislaufsystem erreicht, so können wir eine stabile Kreislauffunktion annehmen.

Aus dem Besprochenen wird nun klar, dass wir in dem Orthostaseversuch eine geeignete Methode zur Hand haben, um beobachten zu können, ob und wie der Kreislauf sich der Veränderung einer einzelnen Führungsgröße, nämlich der Stellung des Körpers im Schwerfeld der Erde und der damit zwangsläufig verbundenen Sollwertverstellung anpaßt.

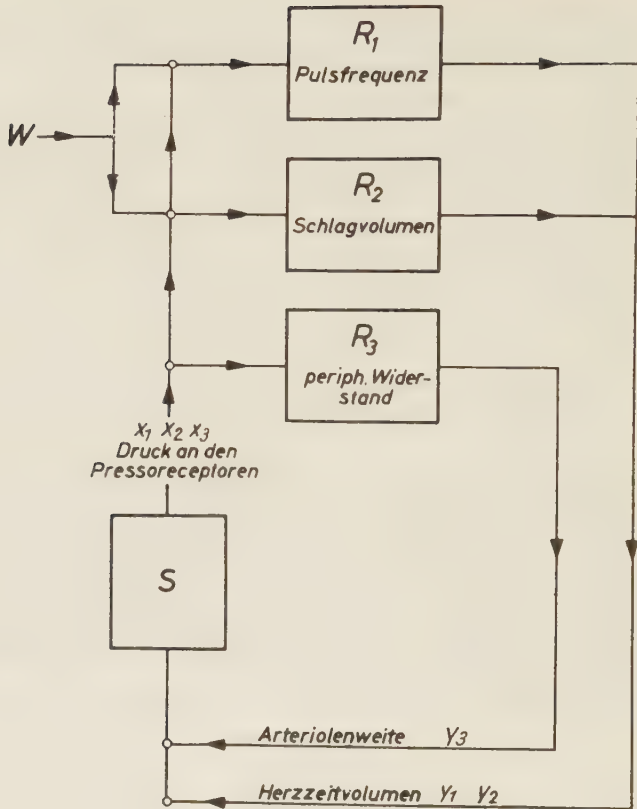


Abb. 1: Schema der Kreislaufregelung (nach STEGEMANN und MAGGIO)

II. Der Einfluß des Lagewechsels auf den Kreislauf nach Angaben in der Literatur

Während das Schwerfeld der Erde beim liegenden Menschen keinen nennenswerten Einfluß auf die Kreislaufverhältnisse ausübt, kommt es bei aufrechter Körperhaltung zu einer Verschiebung von großen Mengen des Blutvolumens in abhängige Körperpartien infolge des Auftretens hydrostatischer Drucke. Dadurch erweitern sich die Gefäßgebiete unterhalb des hydrostatischen Indifferenzpunktes (WAGNER (76)) passiv und ermöglichen so eine große Blutansammlung (SCHELLONG (59); BREHM und WEZLER (8); HENCKEL und ZIMMERMANN (23); ASMUSSEN, CHRISTENSEN und NIELSEN (2)). Diese Blutverschiebung innerhalb des peripheren Kreislaufs hat zunächst eine Anspannung der Venolenwand als Reaktion auf die Dehnung zur Folge, wodurch ein weiteres Versacken des Blutes gebremst wird (SCHELLONG (59)). Wesentlichen Anteil an der Beendigung der Erweiterung der peripheren Gefäße hat nach MATEEFF und PETROFF (37) der Tonus der Skelettmuskulatur. Nach FREY (16) bedingt der periphere Blutstau einen zentralen Blutentstau. Der arterielle Mitteldruck sinkt, die Pressorezeptoren senden weniger Reize aus und erhöhen so den Sympathikustonus, der durch Verengung der peripheren arteriellen Gefäße und somit Erhöhung des peripheren Widerstandes die ursprüngliche Blutdruckhöhe wiederherstellen soll (EICHLER und KIRCHHOFF (13)). Ein daraus resultierendes Absinken des Herzminutenvolumens wird verhindert durch die direkte sympathikotone Wirkung der Pressorezeptoren auf die Herztätigkeit. Die Kontraktionskraft und die Herzschlagzahl nehmen zu, und somit kann das ursprüngliche Herzminutenvolumen wiederhergestellt werden, vorausgesetzt daß der

Herzen genügend Blut zur Verfügung steht. Die Hauptschwierigkeit beim Stehen ist also die Rückkehr des Blutes zum Herzen (TURNER (71)). Durch den erhöhten Sympathikustonus wird Blut aus den arteriellen Depots, wie Gefäßnetz der Lunge, Milz, Leber, Splanchnicusgebiet und subpapillärem Hautplexus mobilisiert (ASMUSSEN, CHRISTENSEN und NIELSEN (3); REIN und SCHNEIDER (47); SCHELLONG (60)). SCHENETTEN (64) erwähnt ausserdem ein Einströmen von Plasma aus dem Gewebe ins Blut. Gleichzeitig schalten sich durch Anhäufung saurer Stoffwechselprodukte und von CO₂ in den minderdurchbluteten Körperteilen die Chemo-rezeptoren des glomus caroticum ein und wirken im selben Sinne wie die Pressorezeptoren. Nach WEZLER und GOYERT (79) greifen die Pressorezeptoren auch direkt am arteriellen System an, indem sie die Arterienwand dehnbarer machen.

Trotz dieser Regulationsvorgänge stagniert eine gewisse Blutmenge während des Stehens in den unteren Extremitäten, wie TURNER, NEWTON und HAYNES (73); sowie TURNER, ISABEL, NEWTON und HAYNES (74) durch Messen der Volumenzunahme an den Beinen nachweisen konnten. Ebenso vermindert sich das Herzminutenvolumen in geringem Maße. ASMUSSEN, CHRISTENSEN und NIELSEN (4) beobachteten bei physiologischen Kreislaufregulationen im Stehen leichte, doch deutliche Insuffizienzsymptome an Niere und Darm und schlossen daraus, daß es sich bei der Kreislaufregulation im Stehen immer um eine kompensierte Kreislaufdrosselung handelt, auch wenn sonst keine Symptome feststellbar sind.

Diese Kreislaufanpassung an die veränderte Körperlage kann manchmal aus den verschiedensten Gründen nicht erreicht werden. Das Versacken grosser Blutmengen kann begünstigt werden z.B. durch Varizen (SCHELLONG (59); SCHELLONG und HEINEMEIER (61); (62); SCHELLONG und LÜDERITZ (63)), zu geringen Tonus der Gefäßwandmuskulatur (FREY (16); BUDELMANN (10); GRASER (20); KÖTTGEN (33) oder durch stark verminderten Tonus der Skelettmuskulatur (MATEEFF und PETROFF (37)). Die hierdurch hervorgerufene postanämische Hyperämie (ASMUSSEN, CHRISTENSEN und NIELSEN (3)) bedingt durch die erneute Blutfülle der Arterien eine weitere Blutanfüllung der Venen. Die ungenügende Tonisierung der Venolen löst eine postkapilläre Anstauung venösen Blutes aus (SCHMIDT - VOIGT (67)). Die Pressorezeptoren reagieren zwar normal, doch kommt es zu peripheren Störungen, die ihre Ursache in der geringen Ansprechbarkeit der Venolen auf den Sympathicusreiz haben, während das arterielle System normal oder sogar verstärkt reagiert (SCHELLONG und HEINEMEIER (62); SCHMIDT - VOIGT (67); EICHLER und KIRCHHOFF (13); KALOUD (24)). SCHMIDT - VOIGT (67) nimmt zu der Atonie der Venolen zusätzlich als paradoxe Reaktion an den Arteriolen eine spastische Verengung an. Aus dieser "orthostatischen Vasoneurose" (SECKEL (54)) resultiert eine Abnahme der aktiven Blutmenge (PARR (44); SCHELLONG und LÜDERITZ (63)). Diese schlechte Regulation wird von KLINKE (32) "neurozirkulatorische Dystonie" genannt. Gelingt nun die Kompensierung durch Blutentleerung aus den Depots nicht, werden die Zentren noch stärker erregt (SCHENETTEN (64); EICHLER und KIRCHHOFF (13)). Subjektive Beschwerden wie: Müdigkeit, Kopfschmerz und Schwindel treten wegen der Gehirnhypämie auf; anginöse Beschwerden kommen durch Sauerstoffmangel des Myocards, Gesichtsblässe sowie

Schweißhände deuten auf eine Mangel durchblutung der Haut hin; körperliche Schwäche und Ermüdung zeigen eine schlechte Durchblutung der Skelettmuskulatur an (SCHMIDT-VOIGT (67)). Die Herzschlagzahl steigt weiter auf unökonomische Werte an, bis es durch starke Hypämie des Gehirns zu einem Zusammenbruch des Regulationsgefüges kommt (SCHELLONG (59)).

Im Zusammenhang mit diesem Zusammenbruch der Kreislaufregulation haben DUESBERG und SCHRÖDER (12) aufgrund von physikalischen Kreislaufanalysen zwischen einem Spannungs- und Entspannungskollaps unterschieden.

Beim Spannungskollaps (Zentralisation des Kreislaufs) ist die Blutdruckamplitude auf wenigstens die Hälfte des Normwertes eingeschränkt und die Pulsfrequenz mäßig beschleunigt. Die Wandspannung des Gefäßapparates ist stark erhöht, wobei es praktisch zum Verschuß peripher gelegener Stromgebiete kommt. Dadurch ist der periphere Widerstand extrem gesteigert. Die kardiale Förderleistung wird vermindert; der Kreislauf beschränkt sich auf die lebenswichtige Mitte.

Beim Entspannungskollaps steht eine allgemeine Vasodilatation im Vordergrund. Der mittlere Blutdruck ist erniedrigt, hauptsächlich infolge Absinkens des diastolischen Druckes. Der periphere Widerstand ist herabgesetzt, die Pulsfrequenz beschleunigt. Obwohl Schlag- und Minutenvolumen vergrößert sind, ist die Blutversorgung der Peripherie unzureichend. Die Masse des Blutes wird bereits in den Bauchgefäßen aufgefangen, verströmt und wird zurückgeleitet, ohne die Peripherie erreicht zu haben.

Neben dieser peripheren Störung der Kreislaufregulation scheint auch ein Versagen der zentralen Steuerung als Ursache orthostatischer Regulationsstörungen in Frage zu kommen. So haben KALOUD (24); SCHELLONG (58) sowie SCHELLONG und LÜDERITZ (63) darauf aufmerksam gemacht, daß bei bestimmten Erkrankungen des zentralen Nervensystems eine Erhöhung des Sympathikustonus bei aufrechter Körperstellung ausbleibt, wodurch die Vasokonstriktion im venösen und arteriellen System unterbleiben soll. Dadurch kommt es zu einem gleichzeitigen Absinken von Pulsfrequenz, Blutdruck und peripherem Gesamtwiderstand.

III. Der Orthostaseversuch, eine Methode zur Kreislauffunktionsprüfung nach Angaben in der Literatur

1. Historischer Überblick

Im Jahre 1927 wurde von TURNER (71) erstmals vorgeschlagen, das Verhalten von Pulsfrequenz und Blutdruck im Stehen als Methodik zur Prüfung der Kreislaufregulation zu benutzen. Nach einer Ruhezeit im Liegen, die so lange eingehalten wurde, bis konstante Puls- und Blutdruckwerte erreicht waren, ließ sie die Versuchsperson 15 Minuten lang ruhig stehen. Dabei kontrollierte sie alle 2 bis 3 Minuten Puls und Blutdruck. Bei signifikanten Änderungen wurde öfter gemessen. Beide Kreislaufgrößen beobachtete sie im Anschluß an den Stehversuch noch einige Minuten bei Ruhe im Liegen.

Das 1932 von SCHELLONG (57) publizierte Verfahren zur Regulationsprüfung des Kreislaufs entspricht in seinem ersten Teil dem Turner - Test. Nach einer Ruhezeit im Liegen von 3 bis 5 Minuten Dauer soll die Versuchsperson 5 bis 8 Minuten lang stehen, wobei beide Beine gleichmässig belastet werden sollen. Während des Liegens und sofort nach dem Aufstehen werden Pulsfrequenz und Blutdruck im Minutenabstand gemessen.

Ebenfalls 1932 berichtete SECKEL (54) über Orthostaseversuche an Kindern und führte damit diese Methode zur Kreislauffunktionsprüfung in die Kinderheilkunde ein.

2. Bedeutung des Orthostaseversuches

Wie bereits besprochen, prüft man beim Orthostaseversuch die Anpassungsvorgänge des Herz-Kreislaufsystems an die Veränderung der Führungsgröße: Stellung des Körpers im Schwerfeld der Erde. Somit sind über den Orthostaseversuch Informationen über eine spezielle Form der Kreislaufanpassung zu erwarten. Der Wert dieser Funktionsprobe liegt nach SCHELLONG und LÜDERITZ (63) darin, daß der Stehversuch mehr erkennen läßt, als lediglich eine ärztliche Untersuchung mit Messung des Ruheblutdrucks, EKG-Schreibung und Röntgenuntersuchung, obwohl er diese natürlich nicht unnötig macht. Er liefert in Zahlen und Kurven ausdrückbare Ergebnisse, die überprüft und mit Normwerten verglichen werden können. Außerdem läßt sich der Stehversuch ohne großen Aufwand an Zeit, Apparaturen und Hilfskräften überall durchführen. SCHELLONG und LÜDERITZ (63) nahmen weiter an, daß sich der Orthostaseversuch auch zur funktionellen Differentialdiagnose eignen könne, da sie das Verhalten von Pulsfrequenz und Blutdruck bei aufrechter Stellung als Zeichen für die Regulation in der Peripherie und durch das Nervensystem ansahen. Es haben sich keine Anhaltspunkte dafür ergeben, daß Herzerkrankungen von Einfluß sind. Aus der Diagnose einer orthostatischen Störung kann nur unter besonderen Bedingungen auf das Vorliegen organischer Krankheiten geschlossen werden (CAPEK-SCHACHNER und SWOBODA (11)), doch kann ein orthostatischer Kreislaufschaden ein reversibles Vorstadium später irreversibler Organschäden, vor allem des Myokards, sein (SCHMIDT - VOIGT (67)). KIRCHHOFF (26) sowie KIRCHHOFF und EICHLER (30) sprachen von der orthostatischen Labilität als einem Schrittmacher organischer Krankheiten.

Aufgrund dieser Zusammenstellung ist es verständlich, daß der Orthostaseversuch eine auch in der kinderärztlichen Praxis häufig benutzte Methode darstellt. Erstaunlicherweise gibt es aber bis heute keine allgemein anerkannte Standardisierung dieser Methode für das Kindesalter. Aus diesem Grunde seien im Folgenden die bisher benutzten Kriterien besprochen.

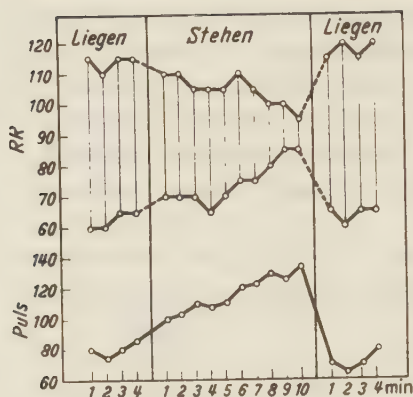
3. Beurteilung von Orthostaseversuchen nach Angaben in der Literatur

a) Qualitative Gesichtspunkte

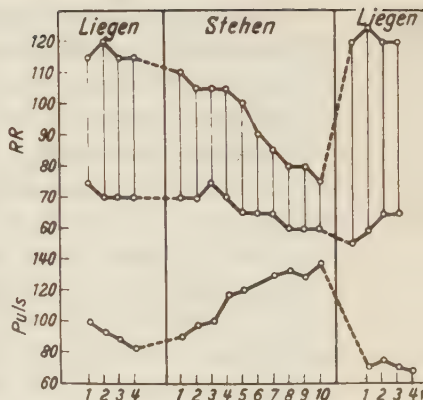
Bei dieser Art der Beurteilung von Orthostaseversuchen geht man nach SCHELLONG von den graphisch dargestellten Verläufen aus. Als pathologische Abweichung der Kreislaufregulation im Stehversuch unterschieden SCHELLONG (56); (57); (58); (59); (60) sowie SCHELLONG und LÜDERITZ (63) eine hypotone und eine hypodyname Form (Abb. 2a und b). Die hypotone Störung fand SCHELLONG bei Patienten mit hochgradigen Krampfaderen und Akrozyanose, wobei die anatomischen Veränderungen an den Venen ein Versacken des Blutes in der Peripherie begünstigen sollen. Ebenso beschrieb er diese Form bei Rekonvaleszenten, nach Dystrophie, bei vegetativ Labilen, die zu Kollapsen neigen, wobei die Gefäße in der Peripherie ebenfalls zu weit gestellt bleiben, sodaß es auch hier zu einer Verminderung der zirkulierenden Blutmenge kommt. Bei der "hypotonen Form" findet sich eine Einengung der Blutdruckamplitude durch Verminderung des systolischen Druckes, während der diastolische Blutdruck gleich oder erhöht ist und die Pulsfrequenz gleichmässig zunimmt. Bei der "hypodynamen Form" kommt es nach SCHELLONG zu einer schnellen Ein-

schränkung der Blutdruckamplitude durch starkes Sinken des systolischen und einen relativ geringeren Abfall des diastolischen Blutdrucks bei oft gleichbleibender Pulsfrequenz, wobei es innerhalb kurzer Zeit zum Kollaps kommt. Diese Form der Kreislaufregulationsstörung hat SCHELLONG (56); (58) bei Patienten beschrieben, bei denen die Zentren des nervösen Regulationsmechanismus aufgrund von Hypophysenvorderlappen- oder Zwischenhirnerkrankungen nicht funktionstüchtig waren. SCHELLONG (60) hat später die Bezeichnung "hypodyname Kreislaufregulationsstörung" nicht nur für dieses Symptom, sondern auch für Veränderungen gebraucht, bei denen im Stehversuch ein langsames und dauerndes Absinken sowohl des systolischen als auch des diastolischen Blutdrucks beobachtet wurde, so bei Patienten mit Hyperthyreose. Diese Form des Kreislaufverhaltens war früher schon von BRADBURY und EGGLESTON (7) unter dem Namen "postural hypotension" bei Personen mit Krankheitssymptomen beschrieben worden, die am ehesten wohl dem Sheehan-Syndrom entsprechen. SCHIRGER, HINES, MOLNAR und THOMAS (65) konnten in jüngster Zeit zeigen, daß dieser Typ der Kreislaufregulationsstörung nicht durch die Stellung des Körpers im Schwerfeld der Erde verursacht wird, sondern durch die mit dem Stehen verbundene Arbeit, da die gleichen Veränderungen bei diesen Patienten bei Arbeit im Liegen auftraten.

Die Einteilung in hypotone und hypodyname Formen der Kreislaufregulationsstörung wurde von vielen Autoren übernommen (BUDELMANN (10); GRASER und NELL (21); KLINKE (32); SCHENETTEN (64) und andere) und wird in der Kinderheilkunde vielerorts bis heute noch weiter verwendet.



a



b

Abb. 2a u. b: Pathologische Formen von Orthostaseversuchen nach SCHELLONG; a) hypotone, b) hypodynamische Form der orthostatisch bedingten Kreislaufregulationsstörung (aus EWERBECK und WECHSELBERG)

KALOUD (24) unterscheidet ausserdem noch eine hypertone Reaktionsform. Diese Form äussert sich in einem Ansteigen sowohl des systolischen als auch des diastolischen Blutdrucks sowie der Pulsfrequenz.

Eine genauere Einteilung wurde neuerdings von MECHELKE und CHRISTIAN (39) vorgeschlagen, wobei der Einschwingungsvorgang der Blutdruckregelung als Kriterium gewählt wurde. Die Autoren unterschieden dabei als pathologische Formen der Kreislaufregulation im Stehversuch eine hypotone Regulationsstörung mit statisch

labiler Blutdruckregelung und eine hypertone Regulationsstörung mit dynamisch labiler Blutdruckregelung. Unter einer hypotonen Regulationsstörung mit statisch labiler Blutdruckregelung verstehen die Autoren einen aperiodisch gedämpften Einschwingungsvorgang mit Sollwertverstellung, wobei die Regelgröße auf einen erheblich vom Sollwert abweichenden Haltewert eingestellt wird. Diese Form entspricht einschließlich des dabei auftretenden subjektiven Beschwerdebildes völlig der hypotonen Regulationsstörung nach SCHELLONG. Eine hypertone Regulationsstörung mit dynamisch labiler Blutdruckregelung liegt vor, wenn der Einschwingungsvorgang nicht gedämpft wird, sondern laufend ausgeprägte rhythmische Blutdruckwellen beobachtet werden.

b) Kritik einer Beurteilung nach qualitativen Gesichtspunkten

Gegenüber der rein qualitativen Betrachtungsweise der orthostatischen Kreislaufregulation wurden von mehreren Autoren (BREHM und WEZLER (8); CAPEK - SCHACHNER und SWOBODA (11); KIRCHHOFF (27); RUTENFRANZ (52) sowie RUTENFRANZ, HELLBRÜGGE, KEILHACKER und HOCKE (53) Einwände erhoben:

So konnten etwa NITSCH (42) sowie GENZ und STOLOWSKY (18) zeigen, daß Kinder mit orthostatischen Regulationsstörungen bei wiederholter Vornahme des Orthostaseversuches nicht konstant den gleichen Typ der Regulationsstörung aufwiesen. Gelegentlich kamen sogar Normalverläufe vor.

Weiterhin haben SCHIRGER, HINES, MOLNAR und THOMAS (65)

sowie RUTENFRANZ (52) darauf hingewiesen, daß es sich bei der hypodynamen Form der Kreislaufregulationsstörung nicht um eine Folge des Lagewechsels im Schwerfeld der Erde handelt, sondern daß diese Störung durch die mit dem Stehen verbundene Arbeit verursacht ist. Nur die hypotone Form ist also eine orthostatische Kreislaufregulationsstörung, während die hypodyname Form ein Einstellungsversagen des Kreislaufs auf die Änderung der Führungsgröße "körperliche Aktivität" im Regelkreis darstellt.

Es ist nicht nachzuweisen, ob die von SCHELLONG (60) unter anderem bei einigen Fällen mit Hyperthyreose beobachtete langsam verlaufende Form der hypodynamen Regulationsstörung nicht identisch ist mit einem langsam verlaufenden Präkollaps einer hypotonen Regulationsstörung, da auch hier systolischer und diastolischer Blutdruck gleichzeitig absinken.

Einen weiteren großen Unsicherheitsfaktor bei der Beurteilung nach qualitativen Gesichtspunkten stellt die subjektive Bewertung von Grenzfällen dar. So fiel das von SCHELLONG (60) angegebene Beispiel einer hypotonen Regulationsstörung nach Messung von BREHM und WEZLER (8) noch durchaus in den Bereich des normalen Verhaltens.

Es wird aus diesen Gründen von den genannten Autoren vorgeschlagen, die qualitative Analyse der Kreislaufregulation beim Stehversuch zu verlassen und nur die quantitativen Veränderungen der einzelnen Meßgrößen unter Verwendung statistischer Aussagen zu berücksichtigen.

c) Beurteilung von Orthostaseversuchen bei Erwachsenen
nach quantitativen Gesichtspunkten

Da bei einer Beurteilung von Orthostaseversuchen nach qualitativen Gesichtspunkten vor allem die Bewertung von Grenzfällen erschwert ist, haben sich verschiedene Untersucher bemüht, Normwerte auf Grund von Untersuchungen an gesunden Personen zu erarbeiten. So stellten GUERNSEY und WALD (22) bei Orthostaseversuchen an 14 erwachsenen Versuchspersonen in 12 Fällen 10 sec nach dem Aufrichten ein Sinken des mittleren Blutdrucks um durchschnittlich 13 mm Hg fest. Nach passivem Aufrichten mittels eines Kipp-tisches fanden BREHM und WEZLER (8) bei Kreislaufanalysen an 16 männlichen Studenten in Beziehung zu den als 100 % angenommenen Ruhewerten: Systolischer Blutdruck 96 %, diastolischer Blutdruck 112 %, mittlerer Blutdruck 104 %, Blutdruckamplitude 66 % und Pulsfrequenz 132 %. NYLIN (43) stellte bei Versuchen an 11 Personen zwischen 18 und 48 Jahren während des Stehens eine Zunahme der Pulsfrequenz um durchschnittlich 24 Schläge/min fest. Der systolische Blutdruck stieg um 7 mm Hg, der diastolische um 14 mm Hg, während die Blutdruckamplitude um 22 mm Hg im Mittel eingeengt wurde. TURNER (72) untersuchte bei 16 jungen Frauen zwischen 20 und 30 Jahren während 15 min aktiven Stehens die Kreislaufregulation. Der systolische Blutdruck stieg um 5 mm Hg, der diastolische Wert erhöhte sich um 15 bis 20 mm Hg, die Pulsfrequenz nahm von 60 Schlägen/min in Ruhe auf höchstens 90 Schläge/min während des Stehens zu. FREY (16) fand bei 14 Erwachsenen während 10 min passiven Stehens eine Erhöhung des systolischen Blutdrucks um durchschnittlich 2,8 mm Hg, des diastolischen Wertes um 9,7 mm Hg und der Pulsfrequenz um 18,5 % im Mittel. SCHENETTEN (64) unter-

suchte 72 junge Männer und Frauen mit einem Durchschnittsalter von 21 Jahren während einer Stehzeit von 10 min Dauer. Dabei wurden folgende Mittelwerte angegeben: Bis zur 9. Stehminute nahm der systolische Blutdruck um 1 mm Hg, der diastolische Blutdruck um 15 mm Hg zu, die Blutdruckamplitude wurde von einem Ruhewert von 42 mm Hg bis auf 28 mm Hg im Stehen eingeengt. Die Pulsfrequenz erhöhte sich um 7 Schläge/min. Ohne nähere Angaben über die Anzahl der untersuchten Personen im Alter zwischen 20 und 40 Jahren bezeichneten REINDELL, SCHILDGE, KLEPZIG und KIRCHHOFF (48) eine Änderung des systolischen und diastolischen Blutdrucks um ± 5 mm Hg sowie eine Einengung der Blutdruckamplitude um 25 mm Hg als normales Verhalten des Blutdrucks während des Stehens.

d) Beurteilung von Orthostaseversuchen im Kindes- und Jugendalter nach quantitativen Gesichtspunkten

Da nicht ohne weiteres damit gerechnet werden kann, daß die bei Erwachsenen an zumeist kleinen Versuchsgruppen gewonnenen Normwerte auf das Kindesalter zu übertragen sind, wurde in den letzten Jahren mehrfach versucht, Normwerte für das Kindesalter zu gewinnen.

So berichtete THIELE (70) über Untersuchungen an 50 Kindern zwischen 7 und 10 Jahren. Wie in Tab. 1 aufgeführt, nahm die Pulsfrequenz bei diesen Kindern bis zur 20. Stehminute im Mittel um 9 Schläge/min zu, während der systolische Blutdruck um 5 mm Hg absank und der diastolische Blutdruck um 6 mm Hg anstieg. Dadurch verringerte sich die Blutdruckamplitude im Mittel um 11 mm Hg und erreichte nach 20 min Stehen

einen Wert von durchschnittlich 28 mm Hg.

Mittelwerte von	Pulsfrequenz Pulse/min	Blutdruck mm Hg
in Ruhe	81	98 / 59
nach 20 min Stehen	90	93 / 65

Tab. 1: Pulsfrequenz und Blutdruck in Ruhe und
nach 20 min Stehen bei 50 Kindern im
Alter von 7 bis 10 Jahren (nach THIELE)

Von den 50 Kindern wiesen während des Stehens 35 Kinder eine Einengung der Blutdruckamplitude um 0 bis 39 %, 7 eine solche von 40 bis 49 % und 8 Kinder eine Einengung von 50 bis 60 % auf. Als Sofortreaktion nach dem aktiven Aufstehen beobachtete THIELE ausserdem einen Anstieg der Pulsfrequenz um 5 bis 15 Schläge/min, während die Veränderungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks in der 1. Stehminute nicht einheitlich waren. Er schrieb dieser Sofortreaktion keine besondere Bedeutung zu, da sie keine pathologische Puls- und Blutdruckänderungen aufdeckte. Das uneinheitliche Verhalten der Kreislaufgrößen unmittelbar nach dem Aufstehen wurde auf das verschieden rasche aktive Aufrichten der Kinder zurückgeführt.

Im Gegensatz zu THIELE (70) haben die meisten Unter-

sucher für die Ermittlung von Normwerten nur eine Stehzeit von 10 min angestrebt. In Tab. 2 wurden die von den verschiedenen Untersuchern angegebenen Normwerte zusammengestellt und man erkennt, daß die erhobenen Befunde deutlich differieren. So fand KALOUD (24) bei 84 Kindern im Alter zwischen 4 und 15 Jahren einen durchschnittlichen Anstieg der Pulsfrequenz um + 9 %, einen Anstieg des systolischen Blutdrucks um 7 und einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks um 9 mm Hg. Aussagen über die Veränderung der Blutdruckamplitude fehlen. KIRCHHOFF (28) sowie KIRCHHOFF und EICHLER (29) gaben dagegen aufgrund ihrer Untersuchungen an 160 bzw. 65 Kindern verschiedener Reifungsstufen an, daß ein Anstieg der Pulsfrequenz um 10 bis 20 %, ein Abfall des systolischen Blutdrucks um 10 bis 15 mm Hg und eine geringe Zunahme des diastolischen Blutdrucks noch als normal anzusehen sei. Anhand des bisher wohl größten vorliegenden Untersuchungsgutes kamen MANSFELD und LANG (36) bei Längsschnittuntersuchungen zu folgenden Werten bei Knaben: Im Alter von 12 Jahren nahm die Pulsfrequenz um 16,2 Pulse/min zu; der systolische Druck stieg um 0,2, der diastolische um 10,6 mm Hg, während die Blutdruckamplitude um 10,4 mm Hg abnahm. Bei den 13-jährigen beobachteten sie einen durchschnittlichen Anstieg der Pulsfrequenz um 15,8 Pulse/min, einen Abfall des systolischen Drucks um 1,4 und einen Anstieg des diastolischen Drucks um 11,0 mm Hg; die Amplitude nahm um 12,4 mm Hg ab. Auch bei den 14-jährigen fanden sich sehr ähnliche Verhältnisse.

Aufgrund solcher Normwerte hat in jüngster Zeit vor allem KIRCHHOFF (28) versucht, pathologische Kreislauf-formen mit Hilfe von quantitativen Kriterien gegenüber

Autoren	n	Pulsfrequenz [Pulse/min]	systol. Blutdruck [mm Hg]	diastol. Blutdruck [mm Hg]	Blutdruck Amplitude [mm Hg]
KALOUD (24) (4 - 15 Jahre)	84	+ 9 %	+ 7	+ 9	--
KIRCHHOFF (28) (Reifungsstufen K - PR)	160	+ 10 - 20 %	- 10 bis 15	geringer Anstieg	--
KIRCHHOFF u. EICHLER (29) (Reifungsstufen K - P)	65	+ 10 - 20 %	- 10	+ 10	--
MANSFELD u. LANG (36) 12 Jahre	66	+ 16,2	+ 0,2	+ 10,6	- 10,4
Knaben 13 Jahre	189	+ 15,8	- 1,4	+ 11,0	- 12,4
14 Jahre	115	+ 14,5	- 1,1	+ 12,9	- 14,0

Tab. 2 Normwerte für einige Kreislaufgrößen in der 10. Stehminute nach verschiedenen Untersuchern

der Normalreaktion abzugrenzen. Dabei bezeichnete er als " orthostatische Labilität " stärkere Blutdruckschwankungen bei Blutdruckamplituden von mindestens 15 bis 20 mm Hg und Pulsfrequenzerhöhungen bis zu 30 bis 40 Schlägen/min. Von der " orthostatischen Labilität " grenzte KIRCHHOFF die " Kreislaufregulationsstörung " begrifflich ab und definierte sie als einen Zustand, bei dem die Blutdruckamplitude auf 15 mm Hg und darunter durch stärkeres Absinken des systolischen und Anstieg des diastolischen Blutdrucks eingeschränkt war.

Schließlich seien hier noch Versuche von KALOUD (24); BRÜCK und OLTSMANN (9) sowie GEIMER (17) erwähnt, die aufgrund der Kreislaufverhältnisse bei Kindern mit Kreislaufregulationsstörungen zu einer Festlegung der Norm und Grenzwerten zu gelangen versuchten. Da eine vergleichbare klinische Einordnung der Symptome bei diesen Kindern nicht vorausgesetzt werden kann, brauchen die sehr unterschiedlichen Angaben hier nicht näher diskutiert zu werden.

Aus dieser Literaturübersicht ergibt sich somit, daß eine Standardisierung des Orthostaseversuches hinsichtlich Methodik und Normwerten bisher nicht vorliegt. Ausserdem ist die Anzahl der untersuchten Kinder bisher nicht sehr groß. Weiterhin wurde der Stehversuch zur Gewinnung von Normwerten vor allem bei Kindern im Alter von 12 bis 14 Jahren durchgeführt. Da der Orthostaseversuch aber im Kindesalter eine häufig durchgeführte Methode ist, dessen Bedeutung wegen des Fehlens von Normwerten zur Zeit jedoch nur gering ist, erschien es sinnvoll, den Versuch einer Standardisierung durch Orthostaseversuche bei einer größeren Anzahl von Kindern vorzunehmen.

IV. Eigene Untersuchungen

1. Untersuchungsgut

Unser Untersuchungsgut umfaßte insgesamt 210 Jungen und 210 Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. Die Versuchspersonen wurden so ausgewählt, daß sie jeweils das 6., 8., 10., 12., 14., 16. bzw. 18. Lebensjahr vollendet hatten. Um im Hinblick auf die statistische Auswertung zuverlässige Ergebnisse zu erhalten und Vergleiche zwischen den einzelnen Altersgruppen ziehen zu können, hatten wir in jeder geradzahligen Altersstufe Gruppen von etwa 30 Jungen sowie Mädchen gebildet. Die Probanden bis zum 14. Lebensjahr waren Schülerinnen und Schüler der Volksschulen Dudenhofen und Heiligenstein in der Pfalz. Die weiblichen Versuchspersonen der Altersgruppen 16 und 18 Jahre waren Schülerinnen von Höheren Lehranstalten in Speyer, während wir bei den männlichen Versuchspersonen der entsprechenden Altersgruppen die Orthostaseversuche im Landeserziehungsheim St. Josef in Landau-Queichheim durchführen konnten. Die von uns untersuchten Kinder und Jugendlichen stammten aus den verschiedensten sozialen Verhältnissen (vor allem Arbeiter-, Handwerker-, Bauern- und Beamtenfamilien). Die Gruppe der männlichen Heranwachsenden im Alter von 16 bis 18 Jahren mußten zum Teil vor ihrer Unterbringung im Landeserziehungsheim in völlig zerrütteten Familienverhältnissen leben. Ein nicht geringer Anteil von ihnen hatte bereits Jugendstrafen zu verbüßen.

Die Kinder und Jugendlichen wurden lediglich nach ihrem Geburtsdatum ausgewählt. Nur 2 Kinder, die wegen ihrer körperlichen Gebrechen aufgrund einer früheren Erkrankung an Poliomyelitis auch nicht am

Turnunterricht teilnehmen konnten, wurden von unseren Untersuchungen ausgeschlossen. Wir führten vor dem Orthostaseversuch bei jedem Probanden eine kurze klinische Untersuchung durch. Dabei wurde auch eine Reife-diagnostik in Anlehnung an SCHMIDT - VOIGT (66) durchgeführt. Die Stufenbezeichnungen sind mit K = kindlich, KP = erste Phase der Pubertät, P = Höhepunkt der Pubertät, PR = Übergang zur vollendeten Reife und R = reif angegeben. Anschließend an die klinische Untersuchung wurde bei jedem Probanden Körpergröße und Körpergewicht in Turnkleidung ohne Schuhe bestimmt.

In Tab. 3 und 4 ist die Anzahl der von uns untersuchten Kinder und Jugendlichen, aufgeteilt in Altersgruppen, sowie der Altersmittelwert innerhalb dieser Altersgruppen angegeben; außerdem bringen die Tabellen einen Vergleich zwischen den bei unserem Untersuchungsgut ermittelten Körpermaßen mit den Normwerten von VOGT (75). Dabei wurde so vorgegangen, daß als Normwerte jeweils die dem durchschnittlichen Lebensalter der Gruppe entsprechenden Werte aus den Tabellen von VOGT ausgewählt wurden. Aus den Tabellen 3 und 4 ergibt sich, daß die Durchschnittswerte für die Körperlänge der Knaben bis auf die der 18-jährigen über den von VOGT angegebenen Normwerten lagen, wobei vor allem die Gruppe der 12 und 14-jährigen stärkere Unterschiede aufwiesen (7 bis 8 cm), während in den restlichen Altersstufen nur eine Differenz von 2 bis 3 cm festzustellen war. Bei den Mädchen lagen unsere Werte ausnahmslos über den von VOGT angegebenen. Während in der Altersgruppe der 6 bis 14-jährigen eine Differenz der Körperlänge von 4 bis 5 cm vorlag, konnten bei den 16 und 18-jährigen nur Unterschiede von 1 bis 2 cm gefunden werden. In keinem Fall, weder bei den Knaben

noch bei den Mädchen überschritten die Differenzen den von VOGT angegebenen Streubereich (Ein- Sigma-werte).

Bei den Werten für das Körpergewicht fanden wir eine größere Abweichung von den von VOGT erstellten Somatogrammen. Während die von uns gemessenen Werte für die 6 bis 10-jährigen, sowie für die 18-jährigen männlichen und weiblichen Versuchspersonen innerhalb des Ein- Sigmabereiches nach den Somatogrammen von VOGT lagen, überschritten die Differenzen bei den 12 und 14-jährigen Knaben sowie bei den 12 bis 16-jährigen Mädchen den von VOGT angegebenen Streubereich um 1 bis 3 kg.

Aus diesem Vergleich wird deutlich, daß unser Untersuchungsgut im ganzen gegenüber den Normwerten von VOGT als etwas akzeleriert erscheint. Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Normwerte von VOGT für diese Altersstufen auf den von BACH (5) im Jahre 1955 ermittelten Meßdaten basieren, die durch die säkulare Akzeleration inzwischen überholt wurden. Die Sonderstellung, welche unsere Gruppe der 18-jährigen männlichen Personen bezüglich der körperlichen Entwicklung einnimmt, erklärt sich hinreichend daraus, daß diese Gruppe keine vergleichbare Zusammensetzung hinsichtlich der sozialen Herkunft wie die anderen Gruppen aufweist, was die beobachteten Unterschiede verständlich macht.

Auch die Streuungen bezüglich der Körperlänge lagen in unserem Untersuchungsgut nur wenig über den von VOGT angegebenen Werten; größere Differenzen fanden sich dagegen durchgängig bei den Körpergewichten, worin sich die Änderung der Ernährungsgewohnheiten und des

Alters- stufe [Jahre]	Durchschnitts- alter [Jahre]	Anzahl	Körperlänge [cm]		Körpergewicht [kg]	
			eigene Werte	Normwerte nach VOGT	eigene Werte	Normwerte nach VOGT
6	6,51	30	121 ± 5,5	118 ± 4,0	23,6 ± 3,5	21,4 ± 2,6
8	8,54	30	131 ± 6,0	128 ± 5,0	28,8 ± 4,3	25,8 ± 3,3
10	10,52	30	142 ± 7,5	138 ± 6,0	35,8 ± 5,5	31,1 ± 4,1
12	12,43	30	153 ± 8,5	146 ± 7,0	42,0 ± 6,1	36,2 ± 4,9
14	14,50	30	165 ± 8,0	157 ± 9,0	53,3 ± 7,5	44,4 ± 7,5
16	16,62	30	171 ± 7,5	169 ± 7,5	63,0 ± 9,1	56,7 ± 7,8
18	18,32	30	173 ± 6,5	175 ± 6,5	67,2 ± 6,8	65,0 ± 7,2

Tab. 3 Körperlänge und Körpergewicht bei 210 männlichen Personen unseres Untersuchungsgutes
verglichen mit den Normwerten von VOGT

Alters- stufe [Jahre]	Durchschnitts- alter [Jahre]	Anzahl	Körperlänge [cm]		Körpergewicht [kg]	
			eigene Werte	Normwerte nach VOGT	eigene Werte	Normwerte nach VOGT
6	6,58	30	121 ± 6,9	117 ± 4,5	22,5 ± 4,4	21,0 ± 2,6
8	8,50	30	132 ± 6,9	127 ± 5,5	30,8 ± 7,7	25,5 ± 3,5
10	10,50	30	141 ± 5,5	137 ± 5,5	34,1 ± 5,0	30,0 ± 4,4
12	12,49	30	152 ± 5,5	147 ± 7,5	44,5 ± 5,4	36,9 ± 5,3
14	14,59	30	161 ± 7,5	157 ± 7,0	55,3 ± 9,5	47,3 ± 6,9
16	16,53	30	167 ± 5,0	165 ± 5,5	61,1 ± 6,1	52,5 ± 6,4
18	18,59	30	166 ± 6,5	165 ± 5,5	60,6 ± 6,8	56,0 ± 6,2

Tab. 4 Körperlänge und Körpergewicht bei 210 weiblichen Personen unseres Untersuchungsgutes
verglichen mit den Normwerten von VOGT

Nahrungskonsums in den letzten 15 Jahren widerspiegeln dürfte.

2. Meßanordnung

Während der von uns durchgeführten Orthostaseversuche bestimmten wir zu Beginn jeder Minute den Blutdruck mit Hilfe eines Quecksilbermanometers nach RIVA-ROCCI unter Verwendung der von KOROTKOFF (35) angegebenen auskultatorischen Kriterien. Danach gilt als systolisches Kriterium das Auftreten des ersten Gefäßtones distal von der Manschette, bestimmt bei fallendem Manschettendruck. Als diastolisches Kriterium wurde das Verschwinden der Gefäßtöne bei fallendem Manschettendruck angenommen. Wenn die Gefäßtöne nur leiser wurden, aber bis 0 mm Hg zu hören waren, richteten wir uns nach dem Vorschlag von BORDLEY, CONNOR, HAMILTON, KERR und WIGGERS (6) und verwendeten das Phänomen des ersten Leiserwerdens der Gefäßtöne als Zeichen des diastolischen Druckes.

Bezüglich der Anwendung optimaler Manschetten folgten wir den von KIRSCHSIEPER und RUTENFRANZ (31) in Anlehnung an ANSCHÜTZ (1); KEUTH und PEUSQUENS (25); RAGAN und BORDLEY (45) sowie ROBINOW, HAMILTON, WOODBURY und VOLPITTO (50) gemachten Vorschlägen (Tab. 5).

Die Messung der Pulsfrequenz erfolgte mit einem von MÜLLER und HIMMELMANN (41) konstruierten fotoelektrischen Pulszähler. Das von MATTHES (38) angegebene Prinzip der fotoelektrischen Pulszählung wurde von MÜLLER und HIMMELMANN insofern variiert, daß sie statt einer Fingerfotозelle eine nur wenige Gramm wiegende und leicht zu befestigende Ohrfotозelle ver-

wandten. Bei jeder durch die Systole bedingten Mehrdurchblutung, die eine optische Verdichtung des Ohrläppchens hervorruft, wird der Lichtstrahl des auf der einen Seite des Ohres sitzenden Lämpchens abgeschwächt. Dadurch wird auf der Silicium-Mikrozelle, die der anderen Ohrläppchenseite federnd anliegt, ein Impuls erzeugt. Diese Impulse wurden auf elektronischem Wege verstärkt und auf ein automatisches Zählwerk übertragen. Im Minutenabstand wurde im Durchschreibeverfahren mittels Kohlepapier der Zählerstand auf einen fortlaufenden Papierstreifen gedruckt. Aus der Differenz zweier Druckwerte wurde der jeweilige Pulswert berechnet.

Umfang der Meßstelle [cm]	Manschetten- breite [cm]
5,0 - 7,5	2,5
7,5 - 10,0	4,0
10,0 - 12,5	5,5
12,5 - 15,0	7,0
15,0 - 20,0	9,0
20,0 - 23,0	11,0
23,0 - 26,0	12,0 ¹
27,0 - 30,0	13,0

¹ Intrapolierter Wert

Tab. 5 Optimale Manschettenbreite für verschiedene Meßstellenumfänge (in Anlehnung an ANSCHÜTZ; KEUTH und PEUSQUENS; RAGAN und BORDLEY sowie ROBINOW et al.). Nach KIRSCHSIEPER und RUTENFRANZ

Auf Grund dieser Anordnung beträgt die Meßgenauigkeit für die Pulsfrequenzmessung 1 Puls/min, für die Blutdruckmessung 1 mm Hg. Die Genauigkeit der Blutdruckmessung wird jedoch durch die Ablesegenauigkeit eingeschränkt, die bei der im Rahmen minütlicher Blutdruckmessungen notwendigen Geschwindigkeit des Manschettendruckabfalles einen Wert von 5 mm Hg aufwies. Aus diesem Grunde wurden Differenzen von Blutdruckmesswerten < 5 mm Hg auch dann nicht als real betrachtet, wenn sich rechnerisch eine statistische Signifikanz ergab.

3. Versuchsanordnung

Die Orthostaseversuche wurden in jeder Schule bzw. im Landesjugendheim in einem eigens für ärztliche Untersuchungen eingerichteten Raum vorgenommen, so daß überall ein Untersuchungsbett vorhanden war. Während der Schulpausen wurden grundsätzlich keine Versuche durchgeführt. Um den Kindern die Angst vor der Untersuchung zu nehmen, erklärten wir den Heranwachsenden genau den Verlauf der Untersuchung. Alle Versuchspersonen erschienen zu den Untersuchungen in Turnkleidung. Die Stehzeit dauerte bei 338 Kindern und Jugendlichen 15 min, während 82 Kinder nur für die Dauer von 9 min beobachtet werden konnten.

Der Einzelversuch wurde so durchgeführt, daß bei jeder Versuchsperson zunächst die persönlichen Daten aufgeschrieben wurden. Danach bestimmten wir Körpergröße und Körpergewicht. Nach der Lagerung auf dem Untersuchungsbett folgte eine kurze klinische Untersuchung, wobei wir gleichzeitig auf die Reifezeichen im Sinne der von SCHMIDT-VOIGT (66) angegebenen Merkmale achteten. Nun wurde nach Messen des Oberarmumfangs

die entsprechende Verschlußmanschette angelegt, anschließend die Fotozelle am Ohr der Versuchsperson befestigt und die Lichtstärke des Lämpchens sowie die Empfindlichkeit des Verstärkers einreguliert. Nach Ablauf der vollen Minute konnte der Versuch beginnen. An die Ruhezeit im Liegen von einer Dauer von 4 min schloß die Stehzeit mit einer vorgesehenen Dauer von 15 min an. Das Aufstehen erfolgte aktiv. Wir achteten darauf, daß während des Stehens beide Beine gleichmäßig belastet wurden und sich die Versuchsperson nirgends anlehnen konnte. Außerdem beobachteten wir genau das Verhalten der Probanden und brachen bei Auftreten von Blässe, Schweißausbruch sowie Angabe von starkem Schwindelgefühl und Übelkeit im Zusammenhang mit einer stärkeren Einengung der Blutdruckamplitude unter Notieren der Zeitmarke den Versuch ab. Auf diese Stehzeit folgte nochmals eine Ruhezeit im Liegen von 4-minütiger Dauer. Während der ganzen Versuchsdauer wurde zu Beginn einer jeden Minute der Blutdruck bestimmt. Der Puls wurde durch den oben beschriebenen fotoelektrischen Pulszähler fortlaufend registriert. Alle Angaben, Werte und Beobachtungen wurden auf vorgedruckten Untersuchungsbögen sofort eingetragen.

4. Angewandte statistische Methoden

Die arithmetischen Mittelwerte berechneten wir nach der Formel:

$$AM = \frac{\sum x}{n}$$

Die Streuungen wurden nach der Formel:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$$

oder nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren errechnet.

Um zu prüfen, ob zwei Mittelwerte der gleichen Grundgesamtheit entstammen könnten, bedienen wir uns der t-Funktion nach der Formel:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Für die statistische Überprüfung der Unterschiede von Häufigkeitsverteilungen verwendeten wir unter Zugrundelegung der 0-Hypothese die χ^2 -Methode.

Aus den bei Anwendung der t-Funktion bzw. der χ^2 -Methode gefundenen Werten ermittelten wir jeweils die prozentuale Wahrscheinlichkeit (p), nach der der gefundene Unterschied noch als zufallsbedingt erwartet werden kann. Für die Signifikanzbezeichnung von Unterschieden haben wir im Text folgende Stufen der prozentualen Zufallswahrscheinlichkeit p gewählt:

- p < 0,1 % Unterschied = "sehr signifikant" xx
- p < 1 % Unterschied = "signifikant" x
- p < 5 % Unterschied = "wahrscheinlich signifikant" ()x
- p > 5 % Unterschied = "nicht signifikant" ()

5. Ergebnisse

a) Abhängigkeit von Blutdruck und Pulsfrequenz in Ruhe von Lebensalter und Geschlecht

Bei Orthostaseversuchen im Kindes- und Jugendalter betrachtet man die einzelnen Kreislaufgrößen nicht absolut, sondern bezieht die während der Stehzeit gewonnenen Werte auf die Ruhewerte. Deshalb werden zunächst die von uns bei Ruhe im Liegen ermittelten Werte von

Pulsfrequenz und Blutdruck vorangestellt und ihre Alters- und Geschlechtsabhängigkeit besprochen.

Die von uns gefundenen Ruhewerte für Pulsfrequenz, systolischen und diastolischen Blutdruck und Blutdruckamplitude sind in den Tabellen 6a, 7a, 8a, 9a und 6b, 7b, 8b, 9b nach Geschlechtern getrennt festgehalten. Während in den Tabellen 6a, 7a, 8a und 9a die Ruhemittelwerte der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit dargestellt sind, finden sich in den Tabellen 6b, 7b, 8b und 9b die entsprechenden Ruhemittelwerte der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit. Es wurden außerdem in diesen Tabellen die Mittelwertsunterschiede der Altersgruppen und innerhalb der einzelnen Altersgruppe die Mittelwertsunterschiede beider Geschlechter miteinander verglichen. Um zu prüfen, ob die gefundenen Unterschiede außerhalb des Zufallsbereichs lagen, wandten wir die t-Funktion an.

Die Tabelle 6a zeigt uns die Abhängigkeit der Ruhewerte der Pulsfrequenz von Lebensalter und Geschlecht. Wie daraus zu ersehen ist, nahm die Pulsfrequenz bei den Jungen zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr von $93,8 \pm 9,9$ auf $75,5 \pm 9,0$, bei den Mädchen von $101,0 \pm 11,3$ auf $89,5 \pm 12,2$ Schläge/min ab.

Bei den 8-jährigen Buben zeigte die Pulsfrequenz einen "wahrscheinlich signifikanten" Unterschied zu den 10-jährigen. Deren Wert war von der Pulsfrequenz der 12-jährigen "signifikant" unterschieden. Die Differenz zwischen den Pulsfrequenzwerten der 6 und 18-jährigen erwies sich als "sehr signifikant". Zwischen den übrigen "benachbarten" Altersgruppen konnten wir für die Pulsfrequenz bei den Buben keine "signifikanten"

	Diff. 6:8		8 Jahre		Diff. 8:10		10 Jahre		Diff. 10:12		12 Jahre		Diff. 12:14		14 Jahre		Diff. 14:16		16 Jahre		Diff. 16:18		18 Jahre		Diff. 6:18
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♂	87,5	8,8 30	(1,4)	86,1 40,2 27	(3,5)	82,6 9,4 30	8,2 ^x 74,4 9,8 30	(2,0)	72,4 8,0 30	(3,8)	68,6 11,0 29	(0,6)	69,2 9,2 30	18,3 ^{xx}											
Diff. ♂:♀	7,1 ^x		(1,5)		(2,6)		14,2 ^{xx}		13,0 ^{xx}		13,0 ^{xx}		13,8 ^{xx}												
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♀	94,6	12,0 30	7,0 ^x	87,6 10,8 30	(2,4)	85,2 10,6 30	(3,4)	88,6 11,6 30	(3,2)	85,4 10,3 30	(3,8) ^x	81,6 6,6 30	(1,4)	83,0 14,0 30	11,6 ^x										

Tab. 6b Pulsfrequenz in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und-Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsunterschiede mit Hilfe der t-Funktion;
 () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant";
 xx = "sehr signifikant")

Unterschiede finden.

Bei den Mädchen waren die Pulsfrequenzwerte der 6-jährigen "signifikant" größer als die der 8-jährigen. Die 6 und 18-jährigen zeigten eine "sehr signifikante" Mittelwertsdifferenz. Zwischen den übrigen "benachbarten" Gruppen konnten keine "signifikanten" Differenzen der Pulsfrequenzwerte gefunden werden.

Beim Vergleich beider Geschlechter innerhalb der einzelnen Altersgruppen sahen wir bei den 6-jährigen "signifikante", bei den 12, 14, 16 und 18-jährigen "sehr signifikante" Pulsfrequenzdifferenzen. Lediglich bei den 8 und 10-jährigen fanden sich keine "signifikanten" Unterschiede bezüglich der Pulsfrequenz, obwohl die Mädchen im Mittel auch hier höhere Pulswerte aufwiesen als die Jungen.

Vergleichen wir die Werte der 4. Ruheminute nach der Stehzeit (Tab. 6b) mit denen der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen (Tab. 6a), so zeigt sich, daß die Mittelwerte der Pulsfrequenz in der 4. Liegeminute nach dem Orthostaseversuch in allen Altersgruppen sowohl bei den Buben wie bei den Mädchen niedriger waren. Im Durchschnitt fanden wir eine um 6,5 Schläge/min geringere Pulsfrequenz.

Bei der Prüfung der Mittelwertsunterschiede mit Hilfe der t-Funktion ergab sich praktisch dasselbe wie in Tabelle 6a.

In Tabelle 7a sind die von uns errechneten Ruhewerte des systolischen Blutdrucks aufgezeigt. Danach stieg der systolische Blutdruck bei den Jungen zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr von $93,6 \pm 10,8$ auf $124,4 \pm 10,0$,

bei den Mädchen von $97,4 \pm 7,9$ auf $121,8 \pm 10,6$ mm Hg an.

Prüft man die von uns gemessenen Werte auf ihre statistische Signifikanz, so ergibt sich, daß sich die Mittelwertsunterschiede bei den Buben zwischen dem 6. und 8. Lebensjahr "sehr signifikant", zwischen dem 12. und 14., 16. und 18. "signifikant" und zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr wiederum "sehr signifikant" voneinander unterschieden. Die Differenzen der Mittelwerte des systolischen Blutdrucks zwischen dem 10. und 12., sowie 14. und 16. Lebensjahr erwiesen sich als nicht "signifikant". Den rechnerisch gefundenen "wahrscheinlich signifikanten" Unterschied zwischen den 8 und 10-jährigen Knaben sehen wir auf Grund unserer Meßgenauigkeit nicht als real an.

Bei den Mädchen fand sich für die Mittelwertsdifferenzen des systolischen Ruheblutdrucks zwischen den 6 und 8-jährigen ein "sehr signifikanter", zwischen den 10 und 12-jährigen ein "signifikanter" sowie zwischen den 6 und 18-jährigen ein "sehr signifikanter" Unterschied. Zwischen den Altersgruppen der 8 und 10, 12 und 14, 14 und 16 bzw. 16 und 18-jährigen waren die Werte des systolischen Ruheblutdrucks "nicht signifikant" unterschieden.

Beim Vergleich Gleichaltriger des männlichen und weiblichen Geschlechts war bei allen Versuchsgruppen der Ruhewert des systolischen Blutdrucks "nicht signifikant" unterschieden. Den rechnerisch ermittelten "wahrscheinlich signifikanten" Unterschied zwischen Buben und Mädchen im Alter von 12 Jahren betrachten wir auf Grund unserer Meßgenauigkeit als nicht real.

	6 Jahre		8 Jahre		10 Jahre		12 Jahre		14 Jahre		16 Jahre		18 Jahre		Diff. 6:18
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♂	98,6	7,6 29	10,8 ^{xx}	109,4 7,4 30	(3,8) ^x	105,6 8,6 30	(3,0)	108,6 8,2 30	8,2 ^x	116,8 6,6 30	(0,2)	117,0 8,8 29	7,4 ^x	124,4 10,0 30	xx 25,8
Diff. ♂:♂	(1,2)		(3,0)		(1,9)		(4,8) ^x		(0,2)		(2,0)		(2,6)		
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♀	97,4	7,9 29	9,0 ^{xx}	106,4 7,1 29	(1,1)	107,5 7,6 28	5,9 ^x	113,4 9,2 30	(3,6) ^x	117,0 6,2 30	(2,0)	119,0 8,3 29	(2,8)	121,8 10,6 30	xx 24,4

Tab. 7a Systolischer Blutdruck in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsunterschiede mit Hilfe der t Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

	6 Jahre		8 Jahre		10 Jahre		12 Jahre		14 Jahre		16 Jahre		18 Jahre		Diff. 6:18
	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	
♂	95,5	7,8 30	xx 8,5	104,0 7,4 30	(0,2)	103,8 9,9 30	(1,4)	105,3 10,0 30	xx 10,1	115,4 6,4 30	(2,4)	113,0 9,0 30	xx 11,0	124,0 10,8 30	xx 28,5
Diff. ♂:8	(1,1)		(1,8)		(1,0)		(4,9) x		(0,9)		(2,8)		(4,8) x		
	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	AM	n	
	94,4	6,3 30	xx 7,8	102,2 7,4 30	(0,6)	102,8 8,8 30	7,4 x	110,2 9,9 2,9	(4,3) x	114,5 8,5 30	(1,3)	115,8 9,2 30	(3,4)	119,2 9,8 30	xx 24,6

Tab. 7b Systolischer Blutdruck in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; () x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

Die Gegenüberstellung der Ruhemittelwerte des systolischen Blutdrucks der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen (Tab. 7a) und der 4. Ruheminute nach Beendigung der Stehzeit (Tab. 7b) zeigt, daß die Ruhewerte nach der Stehzeit in allen Altersgruppen bei Buben und Mädchen im Durchschnitt um 3,1 mm Hg tiefer lagen als vor dem Aufstehen.

Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse bezüglich der Prüfung über die t-Funktion finden sich für die 4. Liegeminute nach der Stehzeit wiederum fast dieselben Verhältnisse wie in der letzten Minute vor dem Aufstehen (Tab. 7a). Lediglich zwischen den 12 und 14-jährigen Buben fanden wir hier einen "sehr signifikanten" Mittelwertsunterschied, während in der letzten Minute vor dem Aufstehen zwischen diesen beiden Altersgruppen nur ein "signifikanter" Unterschied vorlag.

Beim Vergleich der Geschlechter ergaben sich keine "signifikanten" Mittelwertsunterschiede bezüglich des systolischen Blutdrucks.

Die Ruhemittelwerte des diastolischen Blutdrucks (Tab. 8a) nahmen bei den Jungen zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr von $63,8 \pm 8,7$ auf $79,5 \pm 9,7$, bei den Mädchen von $64,0 \pm 9,9$ auf $78,0 \pm 8,2$ mm Hg zu.

Die Prüfung über die t-Funktion ergab bei den Jungen zwischen 6 und 8 Jahren einen "sehr signifikanten", zwischen 12 und 14 einen "signifikanten" und zwischen 6 und 18 Jahren einen "sehr signifikanten" Unterschied. Die Mittelwertsdifferenzen zwischen den 8 und 10, 10 und 12, 14 und 16 sowie 16 und 18-jährigen waren dagegen "nicht signifikant".

Die Ruhemittelwerte des diastolischen Blutdrucks bei den Mädchen erwiesen sich zwischen den 6 und 8 sowie 12 und 14-jährigen als "sehr signifikant" und zwischen den jüngsten und ältesten weiblichen Altersgruppen ebenfalls als "sehr signifikant" voneinander abweichend. Die übrigen Mittelwertsdifferenzen zwischen den 8 und 10, 10 und 12, 14 und 16 sowie 16 und 18-jährigen waren "nicht signifikant" voneinander unterschieden.

Der Vergleich beider Geschlechter erbrachte lediglich in der Gruppe der 14-jährigen ein als "wahrscheinlich signifikant" unterschiedenen Mittelwert des diastolischen Blutdrucks.

Vergleichen wir auch hier die Ruhemittelwerte des diastolischen Blutdrucks in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen (Tab. 8a) und die in der 4. Ruheminute nach Beendigung der Stehzeit (Tab. 8b), so lagen letztere wiederum bei Buben und Mädchen aller Altersgruppen um durchschnittlich 1,9 mm Hg niedriger. Lediglich die 16-jährigen Mädchen wiesen in der letzten Ruheminute nach der Stehzeit denselben Mittelwert auf wie vor dem Aufstehen.

Die Signifikanzprüfungen für die Mittelwertsunterschiede des diastolischen Blutdrucks der letzten Ruheminute nach Beendigung der Stehzeit lassen auch hier nur wenige Abweichungen gegenüber denen für die Mittelwertsunterschiede der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen erkennen. Beim Vergleich der Altersgruppen ergab sich im Gegensatz zu den Werten in Tab. 8a zwischen den 12 und 14-jährigen ein "sehr signifikanter" und zwischen den 16 und 18-jährigen Buben ein "signifikanter" Mittelwertsunterschied, während der diastolische Blutdruck der 16-jährigen Mädchen "nicht signifikant" von dem der

	6 Jahre			Diff. 6:8	8 Jahre			Diff. 8:10	10 Jahre			Diff. 10:12	12 Jahre			Diff. 12:14	14 Jahre			Diff. 14:16	16 Jahre			Diff. 16:18	18 Jahre			Diff. 18:20
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n	
♂	63,8	8,7	30	xx	72,0	9,4	30	(0,2)	70,5	8,5	30	(4,0) ^x	66,5	9,4	30	7,5 ^x	74,0	8,1	30	(2,0)	76,0	9,1	29	(3,5)	79,5	9,7	30	xx
Diff. ♂:♀	(0,2)				(0,4)				(1,7)				(2,9)				(5,0) ^x				(1,8)				(1,5)			
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n	
♀	64,0	9,9	29	xx	72,4	8,6	29	(1,9)	70,5	8,5	29	(1,1)	69,4	7,0	30	9,6 ^{xx}	79,0	8,2	30	(4,8) ^x	74,2	7,4	30	(3,8) ^x	78,0	8,2	30	xx

Tab. 8a Diastolischer Blutdruck in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

	6 Jahre		Diff. 6:8	8 Jahre		Diff. 8:10	10 Jahre		Diff. 10:12	12 Jahre		Diff. 12:14	14 Jahre		Diff. 14:16	16 Jahre		Diff. 16:18	18 Jahre		Diff. 18:20
	AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n	
♂	58,8	4,2:28	xx 10,3	69,1	18,0:28	(0,1)	69,0	9,5:30	(4,2) ^x	64,8	19,4:30	xx 8,2	73,0	18,0:30	(0,4)	73,4	7,8:30	xx 6,0	79,4	10,9:30	xx 20,6
Diff. 5:8	(2,4)			(0,9)			(1,5)			(4,4) ^x			(5,2) ^x			(1,0)			(3,0)		
	AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n	
♀	61,2	7,2:30	xx 8,8	70,0	9,4:30	(2,5)	67,5	8,4:30	(1,7)	69,2	7,2:30	xx 9,0	78,2	8,8:30	(3,8) ^x	74,4	6,7:30	xx (2,0)	76,4	8,5:30	xx 15,2

Tab. 8b Diastolischer Blutdruck in der 4. Liege minute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

18-jährigen Mädchen abwich.

Bei der Gegenüberstellung der Geschlechter lag ebenfalls bei den 14-jährigen Mädchen ein "wahrscheinlich signifikant" höherer diastolischer Blutdruck als bei den gleichaltrigen Buben vor.

Die Ruhemittelwerte der Blutdruckamplitude (Tab. 9a) nahmen bei den Jungen zwischen 6 und 18 Jahren von $35,6 \pm 5,7$ auf $44,6 \pm 6,2$, bei den Mädchen von $33,4 \pm 4,6$ auf $43,8 \pm 8,0$ mm Hg zu.

Bei der Prüfung der Mittelwertsdifferenzen der Blutdruckamplitude mit Hilfe der t-Funktion wichen bei den Knaben die Werte der 10-jährigen "signifikant" von denen der 12-jährigen und die Werte der 6-jährigen "sehr signifikant" von denen der 18-jährigen ab, während zwischen den 6 und 8, 8 und 10, 12 und 14, 14 und 16 sowie 16 und 18-jährigen keine "signifikanten" Mittelwertsunterschiede gefunden wurden.

Die Ergebnisse bei den Mädchen waren etwas anders. Hier unterschied sich der Mittelwert der Blutdruckamplitude bei den 12-jährigen "sehr signifikant" von dem Durchschnittswert des jüngeren Jahrgangs. Zwischen den Mittelwerten der 12 und 14 sowie 14 und 16-jährigen ließ sich ein "signifikanter", zwischen denen der 6 und 18-jährigen ein "sehr signifikanter" Unterschied ermitteln, während sich die 6 und 8, 8 und 10 sowie 16 und 18-jährigen Mädchen bezüglich der Ruhemittelwerte der Blutdruckamplitude "nicht signifikant" voneinander unterschieden.

Beim Vergleich Gleichaltriger des männlichen und weiblichen Geschlechts ließen lediglich die 14-jährigen

	Diff. 6:8		8 Jahre		Diff. 8:10		10 Jahre		Diff. 10:12		12 Jahre		Diff. 12:14		14 Jahre		Diff. 14:16		16 Jahre		Diff. 16:18		18 Jahre		Diff. 6:18
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♂	35,6	57 30	(1,6)	37,2	8,2 30	(1,7)	35,5	6,0 30	6,1 ^x	41,6	9,0 30	(1,2)	42,8	7,6 30	(1,1)	41,7	5,6 29	(2,9) ^x	44,6	6,2 30	9,0 ^{xx}				
Diff. ♂:♂	(2,2)		(3,2) ^x		(0,5)		(2,0)		4,8 ^x		(2,1)		(0,8)												
	AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		AM	σ n		
♀	33,4	41,6 29	(0,6)	34,0	6,4 29	(2,0)	36,0	6,8 29	7,6 ^{xx}	43,6	7,0 30	5,6 ^x	38,0	6,9 30	5,8 ^x	43,8	6,4 30	(0,0)	43,8	8,0 30	10,4 ^{xx}				

Tab. 9a Blutdruckamplitude in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

	6 Jahre		8 Jahre		10 Jahre		12 Jahre		14 Jahre		16 Jahre		18 Jahre		Diff. 6:18
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♂	35,4	5,2 30	(1,0)	34,4 16,8 28	(1,1)	35,5 6,8 30	(3,1)	38,6 9,1 30	(3,8) ^x	42,4 6,8 30	(1,1)	41,3 5,2 30	(3,4) ^x	44,7 5,6 30	xx 9,3
Diff. ♂:♀	(2,2)		(0,6)		(0,1)		(3,4)		6,0 ^x		(0,2)		(2,1)		
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♀	33,2	4,6 30	(0,6)	33,8 6,0 30	(1,6)	35,4 6,2 30	6,6 ^x	42,0 8,4 30	5,6 ^x	36,4 7,9 30	5,1 ^x	41,5 6,0 30	(1,1)	42,6 6,9 30	xx 9,4

Tab. 9b Blutdruckamplitude in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

Knaben eine "signifikant" größere Blutdruckamplitude als die gleichaltrigen Mädchen erkennen. In den anderen Altersgruppen waren keine "signifikanten" Mittelwertsunterschiede der Blutdruckamplitude zwischen den Geschlechtern nachzuweisen.

In Tab. 9b sieht man, daß die Blutdruckamplitude in der 4. Ruheminute nach dem Stehen im allgemeinen bei Buben und Mädchen etwas kleiner war als in der letzten Minute vor Beginn der Stehzeit (- 1,0 mm Hg). Nur die 10 und 18-jährigen Buben wiesen dieselbe Ruheamplitude vor und nach dem Stehen auf.

Bei der Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion zeigte sich in Tab. 9b zwischen den 10 und 12-jährigen Buben kein "signifikanter" Unterschied der Blutdruckamplitude im Gegensatz zu den Ergebnissen in Tab. 9a.

Beim Vergleich der Geschlechter waren wie in Tab. 9a nur die Mittelwerte der Blutdruckamplitude der 14-jährigen Jungen und Mädchen "signifikant" unterschieden.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die von uns gemessenen Ruhewerte von Pulsfrequenz und Blutdruck in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen durchweg geringfügig höher lagen als die Ruhewerte in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit. Dieses Phänomen ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Kinder und Jugendlichen in der Ruhezeit vor dem eigentlichen Versuch sich doch in einem gewissen Spannungszustand befanden, was offenbar nach Beendigung der Stehzeit nicht mehr der Fall war.

Im übrigen wiesen die von uns gefundenen Ruhewerte die unter diesen Bedingungen bekannte Altersabhängigkeit auf. Mit zunehmendem Lebensalter stiegen systolischer und diastolischer Blutdruck kontinuierlich an, während die Pulsfrequenz niedriger wurde.

Systematische "signifikante" Geschlechtsunterschiede hinsichtlich dieser Kreislaufwerte konnten wir nur für die Pulsfrequenz, nicht aber für die Blutdruckwerte feststellen.

b) Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz bei Orthostaseversuchen an Heranwachsenden

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen finden sich in Abb. 3 und 4 nach Alter und Geschlecht der Heranwachsenden getrennt dargestellt. Das Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz bei Ruhe im Liegen wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt besprochen.

Unmittelbar nach dem Aufrichten nahm der systolische Blutdruck unsystematisch um 7 bis 15 mm Hg, der diastolische Blutdruck um 9 bis 15 mm Hg in den verschiedenen Altersklassen zu. Die Blutdruckamplitude veränderte sich gegenüber den Ruhewerten ohne systematische Abhängigkeit von Lebensalter und Geschlecht zwischen + 3 und - 7 mm Hg. Die Pulsfrequenz wurde ebenfalls unsystematisch in den verschiedenen Altersgruppen um 5 bis 11 Schläge/min erhöht. Im einzelnen sind die Verhältnisse in Tab.10 dargestellt. Die unsystematische Zunahme der Werte für Pulsfrequenz und Blutdruck unmittelbar nach dem Aufrichten aus der Horizontalen ist offenbar auf die Arbeit, die die Versuchspersonen beim aktiven Aufstehen leisten mußten, zurückzuführen.

Lebens- alter Jahre	Knaben (n = 210)					Mädchen (n = 210)			
	RR systol. [mm Hg]	RR diastol. [mm Hg]	RR amplitude [mm Hg]	Puls- frequenz [Pulse/min]		RR systol. [mm Hg]	RR diastol. [mm Hg]	RR amplitude [mm Hg]	Puls- frequenz [Pulse/min]
6	11,3	11,2	+ 0,1	5,1		12,0	15,0	- 3,0	8,2
8	7,8	14,5	- 6,7	6,5		13,7	13,8	- 0,1	4,5
10	12,2	12,3	- 0,1	7,3		12,5	11,8	+ 0,7	5,9
12	7,7	13,8	- 6,1	9,8		12,2	10,7	+ 1,5	11,0
14	11,3	8,8	+ 2,5	11,5		15,5	12,2	+ 3,3	8,8
16	9,0	9,7	- 0,7	11,2		7,2	13,3	- 6,1	5,6
18	8,8	8,8	0,0	11,0		11,3	13,7	- 2,4	5,3

Tab. 10 Mittlere Abweichungen von systolischem und diastolischem Blutdruck, Blutdruckamplitude und Pulsfrequenz in der 1. Stehminute von den entsprechenden Ruhewerten (letzte Liegeminute vor Beginn der Stehzeit) bei Orthostaseversuchen an 420 Jungen und Mäd-

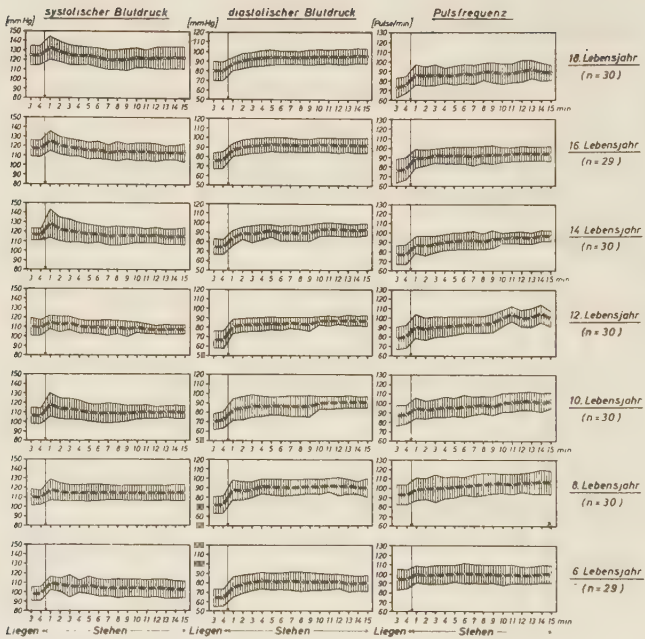


Abb. 3: Veränderung verschiedener Kreislaufgrößen im Orthostaseversuch bei 208 Jungen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

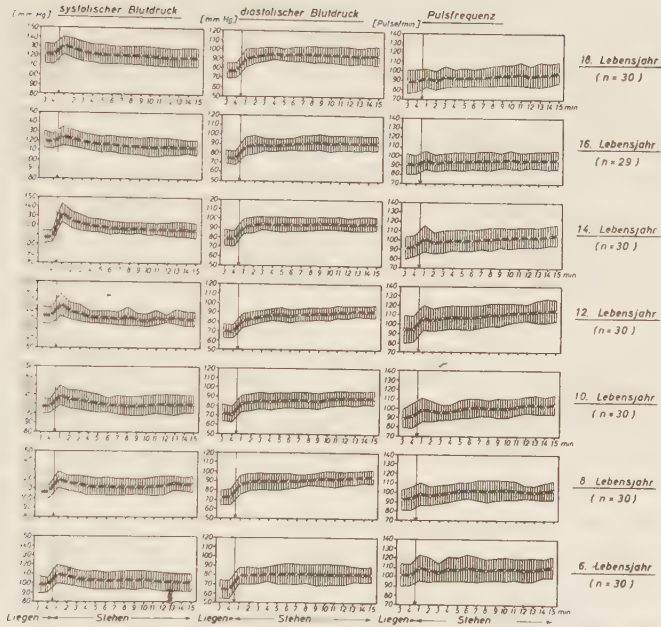


Abb. 4: Veränderung verschiedener Kreislaufgrößen im Orthostaseversuch bei 209 Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren.

Betrachtet man in Abb. 3 und 4 den weiteren Verlauf des 15 minütigen Orthostaseversuches, so sieht man, daß nach der "Aufstehzacke" der systolische Blutdruck in allen Altersklassen abfiel und gegen Ende der Stehzeit im Durchschnitt die Ruhewerte erreichte. Der diastolische Druck stieg dagegen während der gesamten Stehzeit kontinuierlich in allen Altersgruppen an. Ebenso konnten wir in allen Altersstufen eine stetige, geringfügige Zunahme der Pulsfrequenz während der gesamten Stehzeit feststellen.

Da sich keine Geschlechtsabhängigkeit hinsichtlich der orthostatisch bedingten Kreislaufreaktion nachweisen ließ, wurden in Abb. 5 bis 8 für verschiedene Kreislaufgrößen und Versuchsabschnitte die Veränderungen von Pulsfrequenz und Blutdruck für drei Altersgruppen ohne Berücksichtigung der Geschlechter zusammengefaßt. Aus entwicklungsphysiologischen Gründen wurde dabei das 6. bis 10., 12. bis 14. sowie das 16. bis 18. Lebensjahr zusammengefaßt. Die Darstellung in den Abb. 5 bis 8 wurde einheitlich so gewählt, daß jeweils die prozentualen Häufigkeiten der beobachteten Kreislaufwerte aufgetragen wurden.

In Abb. 5 sind die Veränderungen des systolischen Blutdrucks der drei Altersklassen während verschiedener Abschnitte des Orthostaseversuches dargestellt. Nach der bereits erwähnten Blutdruckerhöhung in der 1. Stehminute erkennt man in allen Altersklassen ein Absinken der systolischen Werte während der Stehzeit, wobei im Zeitraum zwischen der 1. und 9. Stehminute ein stärkerer Abfall zu verzeichnen war als in der Zeit zwischen der 9. und 15. Stehminute. Wir konnten weiter feststellen, daß die Altersunter-

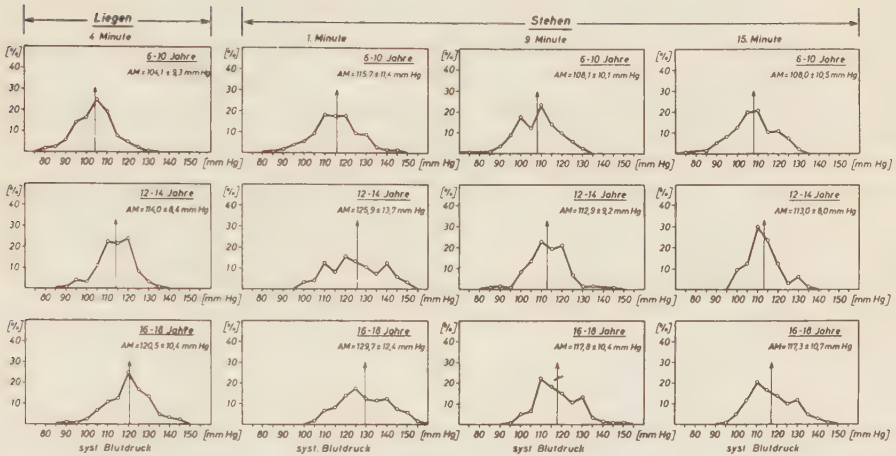


Abb. 5: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen des systolischen Blutdrucks in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

schiede bezüglich des systolischen Blutdrucks im Laufe des Orthostaseversuches kleiner wurden. Um diesen Befund zu verdeutlichen, haben wir in Tab. 11 für diese drei Altersklassen die Mittelwertsunterschiede des systolischen Blutdrucks in der 4. Liegeminute mit denen der 15. Stehminute verglichen. Man sieht zwar, daß die Mittelwertsdifferenzen zwischen den Altersklassen am Ende der Stehzeit kleiner waren als in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen, doch waren sie nach wie vor noch "signifikant" bzw. "sehr signifikant" voneinander unterschieden; allerdings

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte	12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte	16 bis 18 Jahre		
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n
4. Liege- minute	104,1	9,3	177	9,8 xx	113,9	8,4	120	6,6 xx	120,5	10,4	120
15. Steh- minute	108,0	10,5	135	5,0 xx	113,0	8,0	63	4,3 x	117,3	10,7	101

Tab. 11 Mittelwerte und Streuungen des systolischen Blutdrucks in der 4. Liege- und 15. Steh-minute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

muß bemerkt werden, daß die Differenzen die Ablesegenauigkeit von 5 mm Hg nicht überschritten.

Betrachtet man die Veränderungen des diastolischen Blutdrucks in diesen drei Altersabschnitten während des Orthostaseversuches (Abb. 6), so findet man nach der durch das aktive Aufrichten bedingten Zunahme des diastolischen Druckes im Verlauf der Stehzeit einen weiteren Anstieg der diastolischen Werte, der ebenfalls in der 9. Stehminute praktisch beendet war.

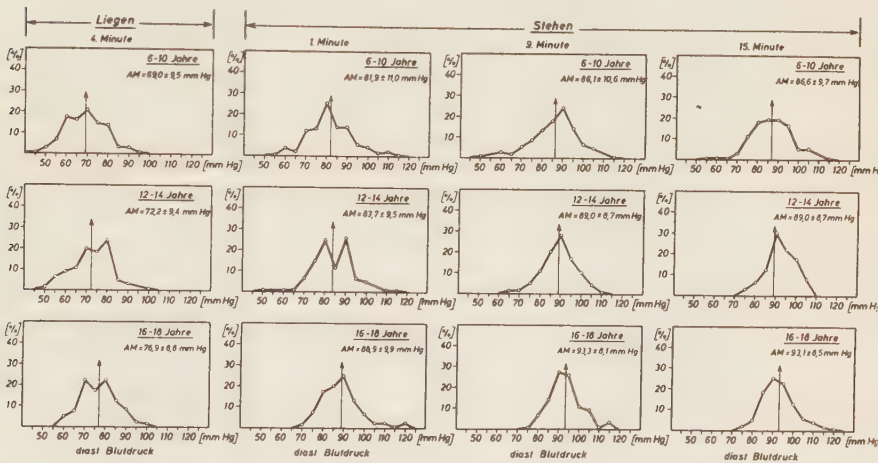


Abb. 6: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen des diastolischen Blutdrucks in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte	12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte	16 bis 18 Jahre		
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n
4. Liege- minute	69,0	9,5	177	3,2 x	72,2	9,4	120	4,7 xx	76,9	8,8	120
15. Steh- minute	86,6	9,7	135	5,7 xx	92,3	7,2	63	(0,9)	93,1	8,5	101

Tab. 12 Mittelwerte und Streuungen des diastolischen Blutdrucks in der 4. Liege- und 15. Steh-minute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

Lediglich bei 12 bis 14-jährigen Jungen und Mädchen war noch eine geringe Zunahme des diastolischen Druckes bis zur 15. Stehminute zu verzeichnen. In Tab. 12, in der wir für die Altersgruppen die Mittelwertsdifferenzen der diastolischen Werte der 4. Liegeminute denen der 15. Stehminute gegenübergestellt haben, ergab sich zwischen den 6 bis 10-jährigen und 12 bis 14-jährigen Knaben und Mädchen in der 15. Stehminute ein größerer Mittelwertsunterschied als in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit, der sich als "sehr signifikant" erwies, während die Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks zwischen den 12 bis 14-jährigen und 16 bis 18-jährigen Heranwachsenden in der 15. Stehminute praktisch gleich waren im Gegensatz zu den Werten in der Ruhezeit vor dem Aufstehen. Im Ganzen ist jedoch zu sagen, daß die Unterschiede zwischen benachbarten Gruppen 5 mm Hg nicht überschritten.

Die Pulsfrequenz (Abb. 7) wurde durch das aktive Aufstehen in allen Altersklassen erhöht und stieg danach bis zur 15. Stehminute weiter an. Vergleicht man die Altersunterschiede bezüglich der Pulsfrequenz in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen mit denen in der 15. Stehminute (Tab. 13), so findet man zwischen den Heranwachsenden im Alter von 6 bis 10 und 12 bis 14 Jahren in der 15. Stehminute bezüglich der Pulsfrequenz keinen Altersunterschied mehr, während die Mittelwerte der Pulsfrequenz zwischen den Altersgruppen der 12 bis 14 und 16 bis 18-jährigen "sehr signifikant" unterschieden waren im Gegensatz zu den nur "wahrscheinlich signifikant" voneinander abweichenden Werten dieser Altersgruppen in der Ruhezeit vor dem Aufstehen.

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte		12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte		16 bis 18 Jahre		
	AM	Σ	n			AM	Σ	n			AM	Σ	n
4. Liege- minute	93,7	12,6	177	7,8 xx		85,9	14,1	120	(3,0) x		82,9	12,3	120
15. Steh- minute	104,7	11,3	135	(0,0)		104,7	11,9	63	10,0 xx		94,7	10,3	101

Tab. 13 Mittelwerte und Streuungen der Pulsfrequenz in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

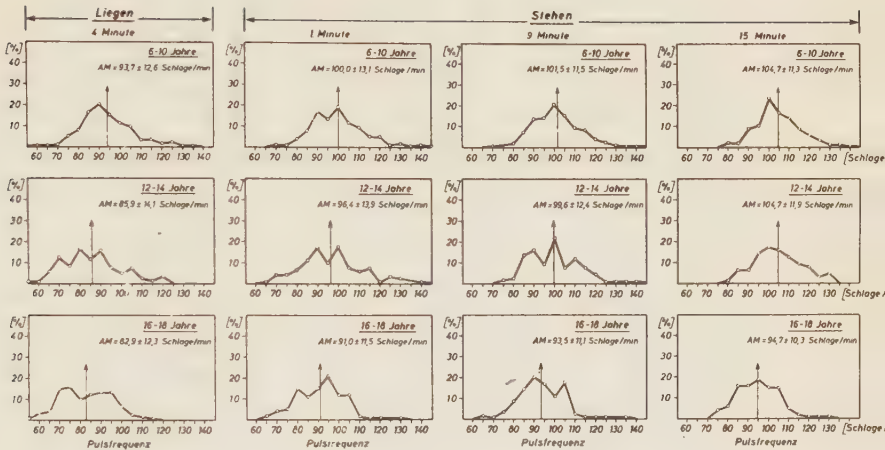


Abb. 7: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen der Pulsfrequenz in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

Bei der gleichartigen Behandlung der Blutdruckamplitude (Abb. 8) findet man in der 1. Stehminute keine nennenswerten Veränderungen gegenüber den Ruhewerten. Lediglich in den Altersgruppen der 6 bis 10 und 16 bis 18-jährigen Jugendlichen läßt sich eine geringfügige Einschränkung der Blutdruckamplitude beobachten. Weiterhin sieht man, daß im Verlauf des Orthostaseversuches die Blutdruckamplitude in allen Altersgruppen fast bis auf 50 % der Ruhewerte eingeengt wurde, wobei die Unterschiede zwischen den Altersgruppen in der 15. Stehminute praktisch verschwunden waren.

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte	12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte			16 bis 18 Jahre		
	AM	σ	n		AM	σ	n				AM	σ	n
4. Liege- minute	35,2	6,5	174	5,6 xx	41,5	7,2	120	(2,0) x	43,5	6,7	119		
15. Steh- minute	21,9	5,8	135	(1,2)	20,7	6,3	63	3,3 x	24,0	7,3	100		

Tab. 14 Mittelwerte und Streuungen der Blutdruckamplitude in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

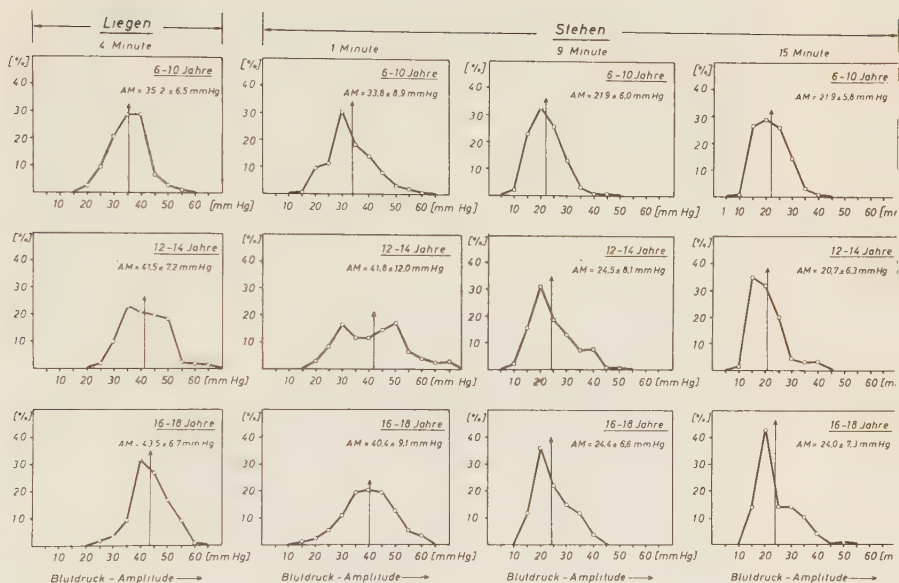


Abb. 8: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen der Blutdruckamplitude in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 417 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren.

Zwar konnten wir in Tab. 14 rechnerisch zwischen den Heranwachsenden im Alter von 12 bis 14 und 16 bis 18 Jahren in der 15. Stehminute noch einen sich als "signifikant" erweisenden Altersunterschied der Blutdruckamplitude von 3,3 mm Hg ermitteln, doch liegt dieser Wert unter der bei unserer Anordnung möglichen Ablesegenauigkeit von 5 mm Hg.

Zusammenfassend läßt sich darum folgendes feststellen:

Unmittelbar nach dem Aufrichten nahmen Pulsfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck in allen Altersgruppen zu, ohne daß eine systematische Abhängigkeit des Ausmaßes der Veränderungen vom Lebensalter erkennbar gewesen wäre. Die Amplitude blieb praktisch gleich oder wurde nur geringfügig eingeschränkt. Im weiteren Verlauf des Orthostaseversuches beobachteten wir in allen Altersklassen ein Absinken des systolischen und einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks. Die Blutdruckamplitude wurde fast bis auf 50 % der Ruhewerte eingeengt; die Pulsfrequenz nahm während der gesamten Stehzeit kontinuierlich zu. Weiterhin fanden wir im Verlauf des Stehversuches sowohl beim systolischen Blutdruck wie vor allem auch bei der Blutdruckamplitude ein deutliches Kleinerwerden der Altersunterschiede, während wir beim diastolischen Blutdruck und bei der Pulsfrequenz teils eine Zu- teils eine Abnahme der Altersdifferenzen feststellen konnten.

Auf Grund dieser bisher beschriebenen Befunde können wir aber noch keine Angaben darüber machen, ab wann die Veränderungen einzelner Kreislaufgrößen als pathologisch anzusehen sind und was als Kriterium des normalen Verhaltens bezeichnet werden kann. Mit diesem Problem, das wir auf Grund der bisher fehlenden Normwerte zur Abgrenzung normaler und pathologischer Formen der Kreislaufreaktion als das Wichtigste bezeichnen, haben wir uns im folgenden Abschnitt zu beschäftigen.

c) Versuch einer Standardisierung des Orthostaseversuches im Kindes- und Jugendalter

Um eine Standardisierung des Orthostaseversuches im Kindesalter durchzuführen, erschien es sinnvoll, die Veränderungen von Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck sowie der Blutdruckamplitude bei denjenigen Heranwachsenden, die 15 Minuten lang stehen konnten, ohne daß subjektiv oder objektiv orthostatische Beschwerden auftraten, mit den Veränderungen bei den Kindern zu vergleichen, die wegen orthostatischer Beschwerden den Stehversuch vorzeitig abbrechen mußten. Als Vergleichsbasis wählten wir dabei jeweils die letzte Stehminute, bei der Normalgruppe also die 15., bei der Gruppe mit orthostatischen Beschwerden die Minute vor Abbruch des Versuches.

Da nicht bei allen Kindern eine Stehzeit von 15 Minuten vorgesehen war, stand uns für diese Standardisierung eine Gruppe von 299 Heranwachsenden ohne und eine Gruppe von 39 Kindern mit pathologischen orthostatischen Reaktionen (Kreislaufversagen) zur Verfügung.

In den Abb. 9 bis 11 wurde diese Gegenüberstellung zunächst für die Pulsfrequenz, systolischen und diastolischen Blutdruck durchgeführt. Da sich bei diesen Kreislaufgrößen in der 15. Stehminute noch "signifikante" bzw. "sehr signifikante" Altersunterschiede ergaben (siehe Tab. 11 bis 13), haben wir für diese Gegenüberstellung nicht die absoluten Werte der Kreislaufgrößen herangezogen, sondern jeweils die Differenzen zwischen den Ruhewerten der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen und den Werten der letzten Stehminute errechnet. In den Abb. 9 bis 11 haben wir dabei jeweils die prozentuale Häufigkeitsverteilung für die Kreislaufveränderungen in beiden Gruppen berechnet.

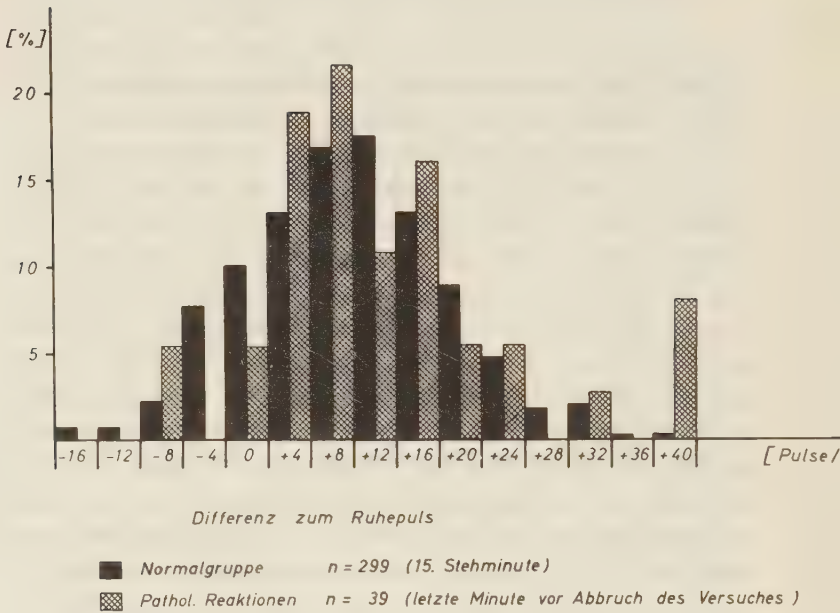


Abb. 9: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhepuls am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Betrachtet man in Abb.9 diese Gegenüberstellung für die Pulsfrequenz, so wird deutlich, daß die Pulsfrequenz in beiden Gruppen ganz erheblich streute, wobei sich die Bereiche beider Gruppen breit überlappten. Es deutet sich bei den meisten Fällen mit pathologischen Orthostasereaktionen lediglich die Tendenz zu einer relativ stärkeren Steigerung der Pulsfrequenz als bei der Normalgruppe an. Der von uns errechnete Mittelwert der Pulsdifferenzen zu den Ruhewerten ergab bei der Normalgruppe bis zur 15. Stehminute eine Pulsfrequenzzunahme um $11,7 \pm 9,5$ Schläge/min, bei den Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen bis zur letzten Minute vor Abbruch des Versuches einen Frequenzanstieg um $14,4 \pm 11,4$ Schläge/min.

Bei der Gegenüberstellung der Differenzen zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks bei den Heranwachsenden ohne orthostatische Beschwerden und der Gruppe mit pathologischen Reaktionen (Abb. 10) entsteht der gleiche Eindruck wie beim Vergleich der Differenzen beider Gruppen zum Ruhewert der Pulsfrequenz. Auch hier fällt auf, daß in beiden Gruppen die Variationsbreite außerordentlich groß war und daß die Häufigkeitsverteilungen beider Gruppen breite Überschneidungen aufwiesen. Die mittlere Differenz zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks betrug bei der Normalgruppe $+ 0,9 \pm 8,2$ mm Hg; bei den Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen lag der systolische Blutdruck in der letzten Minute vor Abbruch des Versuches durchschnittlich um $3,7 \pm 10,8$ mm Hg unter dem Ruhewert. Die Heranwachsenden mit pathologischen Kreislaufreaktionen zeigten also im Durchschnitt ein etwas stärkeres Absinken des systolischen Blutdrucks als die Kinder und Jugendlichen ohne orthostatische

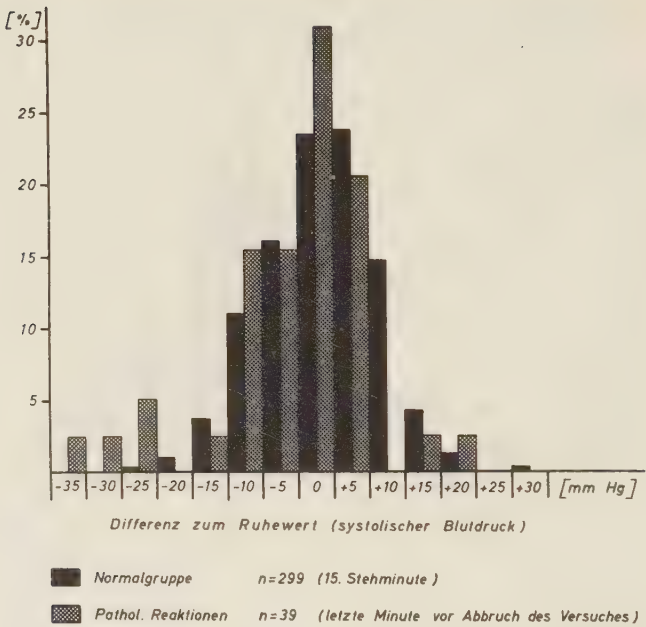


Abb. 10: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Beschwerden, doch war die Verteilung der Werte so uncharakteristisch, daß sich daraus keine Grenzwerte zwischen normaler und pathologischer Reaktion ableiten ließen.

Dasselbe Bild bietet sich bei der gleichartigen Behandlung des diastolischen Blutdrucks. Auch hier fand sich eine starke Streuung der Differenzen zum Ruhewert und eine breite Überlappung der Bereiche beider Gruppen (Abb 11). Im einzelnen wiesen die Heranwachsenden der Normalgruppe bis zur 15. Stehminute im Mittel einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks um $17,9 \pm 8,2$ mm Hg auf, während bei den Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen der diastolische Druck bis zur letzten Minute vor Abbruch des Versuches um $19,5 \pm 10,3$ mm Hg im Durchschnitt zunahm.

Betrachtet man abschließend die mittleren Veränderungen von Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck am Ende der Stehzeit gegenüber den Ruhewerten im Zusammenhang und vergleicht dabei das Ausmaß dieser Veränderungen bei der Normalgruppe mit den Werten, wie sie bei pathologischen Reaktionen gefunden wurden, so zeigt sich (Tab. 15), daß lediglich beim systolischem Blutdruck die Mittelwertsdifferenzen beider Gruppen bei der Prüfung über die t-Funktion "signifikant" unterschieden waren. Allerdings lag selbst dieser Wert unter der bei unserer Meßanordnung vorhandenen Ablesegenauigkeit von ≥ 5 mm Hg.

Auf Grund dieser Tatsachen ist die Aufstellung von Grenzwerten der Pulsfrequenz sowie des systolischen und diastolischen Blutdrucks zur Abgrenzung normaler von pathologischen Reaktionen wohl praktisch unmöglich.

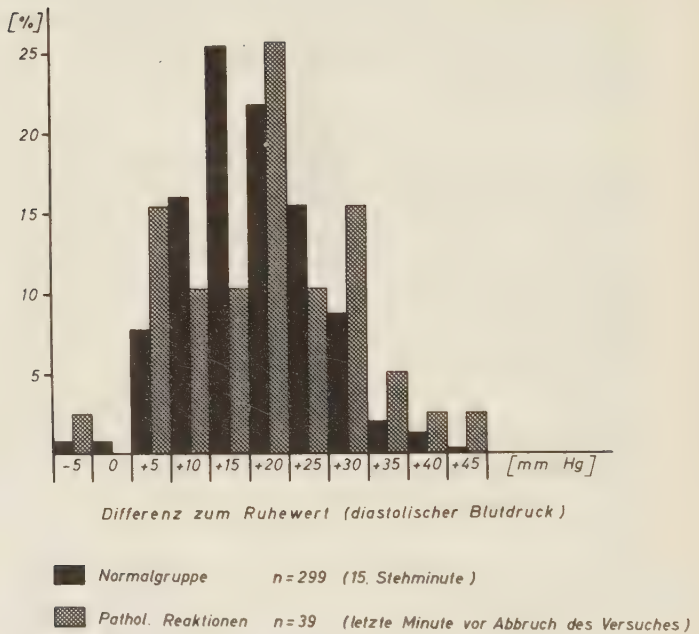


Abb. 11: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenzen zum Ruhewert des diastolischen Blutdrucks am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Jungen und Mädchen	Normalgruppe			Differenz der Mittelwerte	pathol. Reaktionen		
	AM	$\bar{G}$	n		AM	$\bar{G}$	n
Puls- frequenz	11,7	9,5	299	(2,7)	14,4	11,4	39
systol. Blutdruck	0,9	8,2	299	4,6 $\bar{x}$	- 3,7	10,8	39
diastol. Blutdruck	17,9	8,2	299	(1,6)	19,5	10,3	39

Tab. 15 Mittelwerte und Streuungen der Differenzen zu den Ruhewerten von Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ($\bar{x}$) = "wahrscheinlich signifikant"; $\bar{x}$ = "signifikant"; $\bar{x}\bar{x}$ = "sehr signifikant")

Die Gegenüberstellung der Ruhemittelwerte des systolischen Blutdrucks der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen (Tab. 7a) und der 4. Ruheminute nach Beendigung der Stehzeit (Tab. 7b) zeigt, daß die Ruhewerte nach der Stehzeit in allen Altersgruppen bei Buben und Mädchen im Durchschnitt um 3,1 mm Hg tiefer lagen als vor dem Aufstehen.

Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse bezüglich der Prüfung über die t-Funktion finden sich für die 4. Liegeminute nach der Stehzeit wiederum fast dieselben Verhältnisse wie in der letzten Minute vor dem Aufstehen (Tab. 7a). Lediglich zwischen den 12 und 14-jährigen Buben fanden wir hier einen "sehr signifikanten" Mittelwertsunterschied, während in der letzten Minute vor dem Aufstehen zwischen diesen beiden Altersgruppen nur ein "signifikanter" Unterschied vorlag.

Beim Vergleich der Geschlechter ergaben sich keine "signifikanten" Mittelwertsunterschiede bezüglich des systolischen Blutdrucks.

Die Ruhemittelwerte des diastolischen Blutdrucks (Tab. 8a) nahmen bei den Jungen zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr von $63,8 \pm 8,7$ auf $79,5 \pm 9,7$, bei den Mädchen von $64,0 \pm 9,9$ auf $78,0 \pm 8,2$ mm Hg zu.

Die Prüfung über die t-Funktion ergab bei den Jungen zwischen 6 und 8 Jahren einen "sehr signifikanten", zwischen 12 und 14 einen "signifikanten" und zwischen 6 und 18 Jahren einen "sehr signifikanten" Unterschied. Die Mittelwertsdifferenzen zwischen den 8 und 10, 10 und 12, 14 und 16 sowie 16 und 18-jährigen waren dagegen "nicht signifikant".

Die Ruhemittelwerte des diastolischen Blutdrucks bei den Mädchen erwiesen sich zwischen den 6 und 8 sowie 12 und 14-jährigen als "sehr signifikant" und zwischen den jüngsten und ältesten weiblichen Altersgruppen ebenfalls als "sehr signifikant" voneinander abweichend. Die übrigen Mittelwertsdifferenzen zwischen den 8 und 10, 10 und 12, 14 und 16 sowie 16 und 18-jährigen waren "nicht signifikant" voneinander unterschieden.

Der Vergleich beider Geschlechter erbrachte lediglich in der Gruppe der 14-jährigen ein als "wahrscheinlich signifikant" unterschiedenen Mittelwert des diastolischen Blutdrucks.

Vergleichen wir auch hier die Ruhemittelwerte des diastolischen Blutdrucks in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen (Tab. 8a) und die in der 4. Ruheminute nach Beendigung der Stehzeit (Tab. 8b), so lagen letztere wiederum bei Buben und Mädchen aller Altersgruppen um durchschnittlich 1,9 mm Hg niedriger. Lediglich die 16-jährigen Mädchen wiesen in der letzten Ruheminute nach der Stehzeit denselben Mittelwert auf wie vor dem Aufstehen.

Die Signifikanzprüfungen für die Mittelwertsunterschiede des diastolischen Blutdrucks der letzten Ruheminute nach Beendigung der Stehzeit lassen auch hier nur wenige Abweichungen gegenüber denen für die Mittelwertsunterschiede der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen erkennen. Beim Vergleich der Altersgruppen ergab sich im Gegensatz zu den Werten in Tab. 8a zwischen den 12 und 14-jährigen ein "sehr signifikanter" und zwischen den 16 und 18-jährigen Buben ein "signifikanter" Mittelwertsunterschied, während der diastolische Blutdruck der 16-jährigen Mädchen "nicht signifikant" von dem der

	6 Jahre		Diff. 6:8		8 Jahre		Diff. 8:10		10 Jahre		Diff. 10:12		12 Jahre		Diff. 12:14		14 Jahre		Diff. 14:16		16 Jahre		Diff. 16:18		18 Jahre		Diff. 18:20	
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n	
♂	63,8	8,7	30	xx	72,0	9,4	30	(0,2)	70,5	8,5	30	(4,0) ^x	66,5	9,4	30	7,5 ^x	74,0	8,1	30	(2,0)	76,0	9,1	29	(3,5)	79,5	9,7	30	xx 15,7
Diff. ♂:♀	(0,2)				(0,4)				(1,7)				(2,9)				(5,0) ^x				(1,8)				(1,5)			
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n	
♀	64,0	9,9	29	xx	72,4	8,6	29	(1,9)	70,5	8,5	29	(1,1)	69,4	7,0	30	9,6 ^{xx}	79,0	8,2	30	(4,8) ^x	74,2	7,4	30	(3,8) ^x	78,0	8,2	30	xx 14,0

Tab. 8a Diastolischer Blutdruck in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

	6 Jahre	Diff. 6:8	8 Jahre	Diff. 8:10	10 Jahre	Diff. 10:12	12 Jahre	Diff. 12:14	14 Jahre	Diff. 14:16	16 Jahre	Diff. 16:18	18 Jahre	Diff. 18:20
	AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n	
♂	58,8 4,2 2,8	xx 10,3	69,1 8,0 2,8	(0,1)	69,0 9,5 3,0	(4,2) x	64,8 9,4 3,0	xx 8,2	73,0 8,0 3,0	(0,4)	73,4 7,8 3,0	6,0 x	79,4 10,0 3,0	xx 20,6
Diff. 5:8	(2,4)		(0,9)		(1,5)		(4,4) x		(5,2) x		(1,0)		(3,0)	
	AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n		AM 5 n	
♀	61,2 7,2 3,0	xx 8,8	70,0 9,4 3,0	(2,5)	67,5 8,4 3,0	(1,7)	69,2 7,2 3,0 9,0	xx 9,0	78,2 8,8 3,0	(3,8) x	74,4 6,7 3,0	(2,0)	76,4 8,5 3,0 15,2	xx 15,2

Tab. 8b Diastolischer Blutdruck in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; (x) = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

18-jährigen Mädchen abwich.

Bei der Gegenüberstellung der Geschlechter lag ebenfalls bei den 14-jährigen Mädchen ein "wahrscheinlich signifikant" höherer diastolischer Blutdruck als bei den gleichaltrigen Buben vor.

Die Ruhemittelwerte der Blutdruckamplitude (Tab. 9a) nahmen bei den Jungen zwischen 6 und 18 Jahren von $35,6 \pm 5,7$ auf $44,6 \pm 6,2$, bei den Mädchen von $33,4 \pm 4,6$ auf $43,8 \pm 8,0$ mm Hg zu.

Bei der Prüfung der Mittelwertsdifferenzen der Blutdruckamplitude mit Hilfe der t-Funktion wichen bei den Knaben die Werte der 10-jährigen "signifikant" von denen der 12-jährigen und die Werte der 6-jährigen "sehr signifikant" von denen der 18-jährigen ab, während zwischen den 6 und 8, 8 und 10, 12 und 14, 14 und 16 sowie 16 und 18-jährigen keine "signifikanten" Mittelwertsunterschiede gefunden wurden.

Die Ergebnisse bei den Mädchen waren etwas anders. Hier unterschied sich der Mittelwert der Blutdruckamplitude bei den 12-jährigen "sehr signifikant" von dem Durchschnittswert des jüngeren Jahrgangs. Zwischen den Mittelwerten der 12 und 14 sowie 14 und 16-jährigen ließ sich ein "signifikanter", zwischen denen der 6 und 18-jährigen ein "sehr signifikanter" Unterschied ermitteln, während sich die 6 und 8, 8 und 10 sowie 16 und 18-jährigen Mädchen bezüglich der Ruhemittelwerte der Blutdruckamplitude "nicht signifikant" voneinander unterschieden.

Beim Vergleich Gleichaltriger des männlichen und weiblichen Geschlechts ließen lediglich die 14-jährigen

	Diff. 6:8		8 Jahre		Diff. 8:10		10 Jahre		Diff. 10:12		12 Jahre		Diff. 12:14		14 Jahre		Diff. 14:16		16 Jahre		Diff. 16:18		18 Jahre		Diff. 6:18
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	
♂	35,6	5,7 30	(1,6)	37,2 8,2 30	(1,7)	35,5 6,0 30	6,1 ^x	41,6 9,0 30	(1,2)	42,8 7,6 30	(1,1)	44,7 5,6 29	(2,9) ^x	44,6 6,2 30	xx	9,0									
Diff. ♂:♀	(2,2)		(3,2) ^x		(0,5)		(2,0)				4,8 ^x		(2,1)		(0,8)										
	AM	σ n		AM	σ n <td></td> <th>AM</th> <th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><td></td></th></th></th></th></th></th>		AM	σ n <td></td> <th>AM</th> <th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><td></td></th></th></th></th></th>		AM	σ n <td></td> <th>AM</th> <th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><td></td></th></th></th></th>		AM	σ n <td></td> <th>AM</th> <th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><td></td></th></th></th>		AM	σ n <td></td> <th>AM</th> <th>σ n<td></td><th>AM</th><th>σ n<td></td><td></td></th></th>		AM	σ n <td></td> <th>AM</th> <th>σ n<td></td><td></td></th>		AM	σ n <td></td> <td></td>		
♀	33,4	4,6 29	(0,6)	34,0 6,4 29	(2,0)	36,0 6,8 29	7,6 ^{xx}	43,6 7,0 30	5,6 ^x	38,0 6,9 30	5,8 ^x	43,8 6,4 30	(0,0)	43,8 8,0 30	xx	10,4									

Tab. 9a Blutdruckamplitude in der letzten Liegegeminute vor Beginn der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

	6 Jahre		8 Jahre		10 Jahre		12 Jahre		14 Jahre		16 Jahre		18 Jahre		Diff. 6:18	
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n		
♂	35,4	5,2 30	(1,0)	34,4 6,8 38	(1,1)	35,5 6,8 30	(3,1)	38,6 9,1 30	(3,8) ^x	42,4 6,8 30	(1,1)	41,3 5,2 30	(3,4) ^x	44,7 5,6 30		xx
♀		(2,2)		(0,6)		(0,1)		(3,4)		6,0 ^x				(2,1)		
	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n	AM	σ n		
	33,2	4,6 30	(0,6)	33,8 6,0 30	(1,6)	35,4 6,2 30	6,6 ^x	42,0 8,4 30	5,6 ^x	36,4 7,9 30	5,1 ^x	41,5 6,0 30	(1,1)	42,6 6,9 30		xx

Tab. 9b Blutdruckamplitude in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

Knaben eine "signifikant" größere Blutdruckamplitude als die gleichaltrigen Mädchen erkennen. In den anderen Altersgruppen waren keine "signifikanten" Mittelwertsunterschiede der Blutdruckamplitude zwischen den Geschlechtern nachzuweisen.

In Tab. 9b sieht man, daß die Blutdruckamplitude in der 4. Ruheminute nach dem Stehen im allgemeinen bei Buben und Mädchen etwas kleiner war als in der letzten Minute vor Beginn der Stehzeit ($- 1,0$ mm Hg). Nur die 10 und 18-jährigen Buben wiesen dieselbe Ruheamplitude vor und nach dem Stehen auf.

Bei der Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion zeigte sich in Tab. 9b zwischen den 10 und 12-jährigen Buben kein "signifikanter" Unterschied der Blutdruckamplitude im Gegensatz zu den Ergebnissen in Tab. 9a.

Beim Vergleich der Geschlechter waren wie in Tab. 9a nur die Mittelwerte der Blutdruckamplitude der 14-jährigen Jungen und Mädchen "signifikant" unterschieden.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die von uns gemessenen Ruhewerte von Pulsfrequenz und Blutdruck in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen durchweg geringfügig höher lagen als die Ruhewerte in der 4. Liegeminute nach Beendigung der Stehzeit. Dieses Phänomen ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Kinder und Jugendlichen in der Ruhezeit vor dem eigentlichen Versuch sich doch in einem gewissen Spannungszustand befanden, was offenbar nach Beendigung der Stehzeit nicht mehr der Fall war.

Im übrigen wiesen die von uns gefundenen Ruhewerte die unter diesen Bedingungen bekannte Altersabhängigkeit auf. Mit zunehmendem Lebensalter stiegen systolischer und diastolischer Blutdruck kontinuierlich an, während die Pulsfrequenz niedriger wurde.

Systematische "signifikante" Geschlechtsunterschiede hinsichtlich dieser Kreislaufwerte konnten wir nur für die Pulsfrequenz, nicht aber für die Blutdruckwerte feststellen.

b) Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz bei Orthostaseversuchen an Heranwachsenden

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen finden sich in Abb. 3 und 4 nach Alter und Geschlecht der Heranwachsenden getrennt dargestellt. Das Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz bei Ruhe im Liegen wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt besprochen.

Unmittelbar nach dem Aufrichten nahm der systolische Blutdruck unsystematisch um 7 bis 15 mm Hg, der diastolische Blutdruck um 9 bis 15 mm Hg in den verschiedenen Altersklassen zu. Die Blutdruckamplitude veränderte sich gegenüber den Ruhewerten ohne systematische Abhängigkeit von Lebensalter und Geschlecht zwischen + 3 und - 7 mm Hg. Die Pulsfrequenz wurde ebenfalls unsystematisch in den verschiedenen Altersgruppen um 5 bis 11 Schläge/min erhöht. Im einzelnen sind die Verhältnisse in Tab. 10 dargestellt. Die unsystematische Zunahme der Werte für Pulsfrequenz und Blutdruck unmittelbar nach dem Aufrichten aus der Horizontalen ist offenbar auf die Arbeit, die die Versuchspersonen beim aktiven Aufstehen leisten mußten, zurückzuführen.

Lebens- alter Jahre	Knaben (n = 210)				Mädchen (n = 210)			
	RR systol. [mm Hg]	RR diastol. [mm Hg]	RR amplitude [mm Hg]	Puls- frequenz [Pulse/min]	RR systol. [mm Hg]	RR diastol. [mm Hg]	RR amplitude [mm Hg]	Puls- frequenz [Pulse/min]
6	11,3	11,2	+ 0,1	5,1	12,0	15,0	- 3,0	8,2
8	7,8	14,5	- 6,7	6,5	13,7	13,8	- 0,1	4,5
10	12,2	12,3	- 0,1	7,3	12,5	11,8	+ 0,7	5,9
12	7,7	13,8	- 6,1	9,8	12,2	10,7	+ 1,5	11,0
14	11,3	8,8	+ 2,5	11,5	15,5	12,2	+ 3,3	8,8
16	9,0	9,7	- 0,7	11,2	7,2	13,3	- 6,1	5,6
18	8,8	8,8	0,0	11,0	11,3	13,7	- 2,4	5,3

Tab. 10 Mittlere Abweichungen von systolischem und diastolischem Blutdruck, Blutdruckamplitude und Pulsfrequenz in der 1. Stehminute von den entsprechenden Ruhewerten (letzte Liegeminute vor Beginn der Stehzeit) bei Orthostaseversuchen an 420 Jungen und Mädchen im Alter von 6 bis 18 Jahren

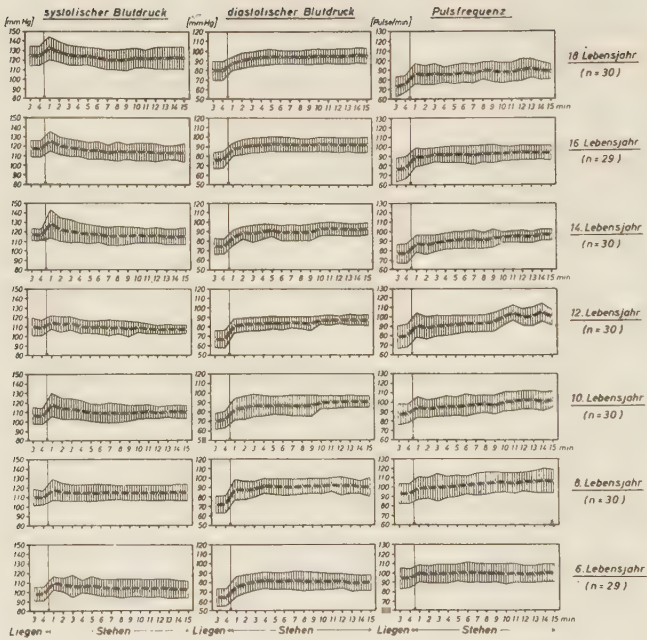


Abb. 3: Veränderung verschiedener Kreislaufgrößen
im Orthostaseversuch bei 208 Jungen im
Alter zwischen 6 und 18 Jahren

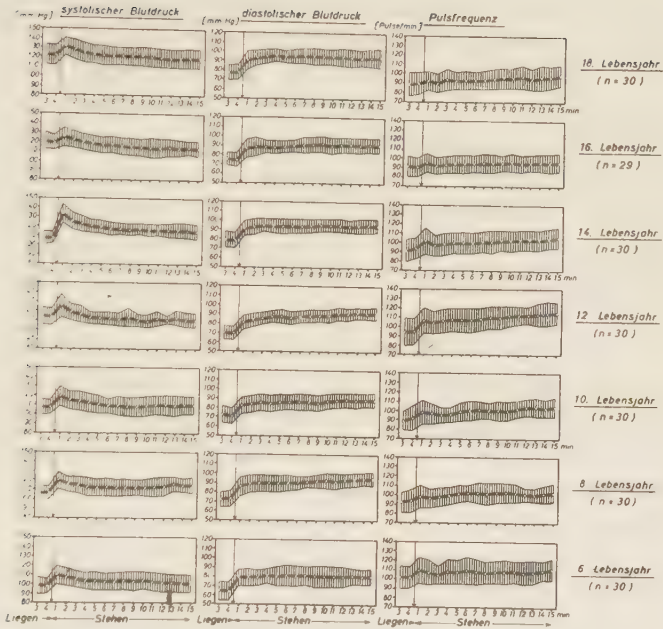


Abb. 4: Veränderung verschiedener Kreislaufgrößen im Orthostaseversuch bei 209 Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren.

Betrachtet man in Abb. 3 und 4 den weiteren Verlauf des 15 minütigen Orthostaseversuches, so sieht man, daß nach der "Aufstehzacke" der systolische Blutdruck in allen Altersklassen abfiel und gegen Ende der Stehzeit im Durchschnitt die Ruhewerte erreichte. Der diastolische Druck stieg dagegen während der gesamten Stehzeit kontinuierlich in allen Altersgruppen an. Ebenso konnten wir in allen Altersstufen eine stetige, geringfügige Zunahme der Pulsfrequenz während der gesamten Stehzeit feststellen.

Da sich keine Geschlechtsabhängigkeit hinsichtlich der orthostatisch bedingten Kreislaufreaktion nachweisen ließ, wurden in Abb. 5 bis 8 für verschiedene Kreislaufgrößen und Versuchsabschnitte die Veränderungen von Pulsfrequenz und Blutdruck für drei Altersgruppen ohne Berücksichtigung der Geschlechter zusammengefaßt. Aus entwicklungsphysiologischen Gründen wurde dabei das 6. bis 10., 12. bis 14. sowie das 16. bis 18. Lebensjahr zusammengefaßt. Die Darstellung in den Abb. 5 bis 8 wurde einheitlich so gewählt, daß jeweils die prozentualen Häufigkeiten der beobachteten Kreislaufwerte aufgetragen wurden.

In Abb. 5 sind die Veränderungen des systolischen Blutdrucks der drei Altersklassen während verschiedener Abschnitte des Orthostaseversuches dargestellt. Nach der bereits erwähnten Blutdruckerhöhung in der 1. Stehminute erkennt man in allen Altersklassen ein Absinken der systolischen Werte während der Stehzeit, wobei im Zeitraum zwischen der 1. und 9. Stehminute ein stärkerer Abfall zu verzeichnen war als in der Zeit zwischen der 9. und 15. Stehminute. Wir konnten weiter feststellen, daß die Altersunter-

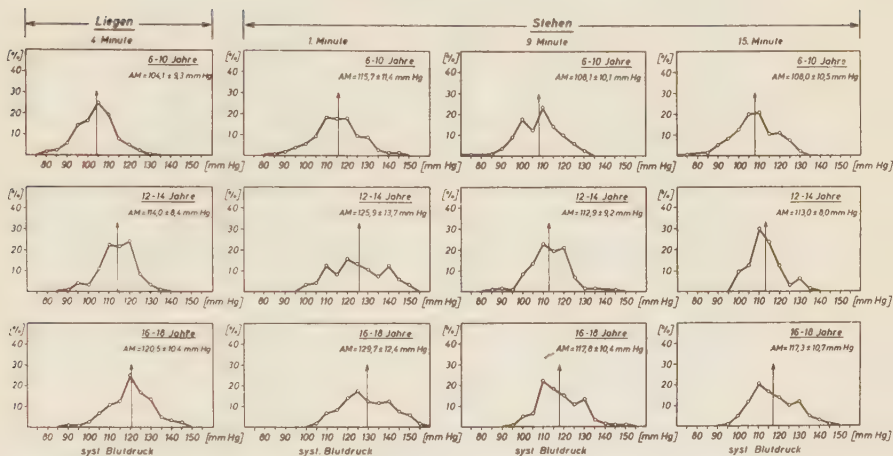


Abb. 5: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen des systolischen Blutdrucks in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

schiede bezüglich des systolischen Blutdrucks im Laufe des Orthostaseversuches kleiner wurden. Um diesen Befund zu verdeutlichen, haben wir in Tab. 11 für diese drei Altersklassen die Mittelwertsunterschiede des systolischen Blutdrucks in der 4. Liegeminute mit denen der 15. Stehminute verglichen. Man sieht zwar, daß die Mittelwertsdifferenzen zwischen den Altersklassen am Ende der Stehzeit kleiner waren als in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen, doch waren sie nach wie vor noch "signifikant" bzw. "sehr signifikant" voneinander unterschieden; allerdings

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte	12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte	16 bis 18 Jahre		
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n
4. Liege- minute	104,1	9,3	177	9,8 xx	113,9	8,4	120	6,6 xx	120,5	10,4	120
15. Steh- minute	108,0	10,5	135	5,0 xx	113,0	8,0	63	4,3 x	117,3	10,7	101

Tab. 11 Mittelwerte und Streuungen des systolischen Blutdrucks in der 4. Liege- und 15. Steh-minute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

muß bemerkt werden, daß die Differenzen die Ablesegenauigkeit von 5 mm Hg nicht überschritten.

Betrachtet man die Veränderungen des diastolischen Blutdrucks in diesen drei Altersabschnitten während des Orthostaseversuches (Abb. 6), so findet man nach der durch das aktive Aufrichten bedingten Zunahme des diastolischen Druckes im Verlauf der Stehzeit einen weiteren Anstieg der diastolischen Werte, der ebenfalls in der 9. Stehminute praktisch beendet war.

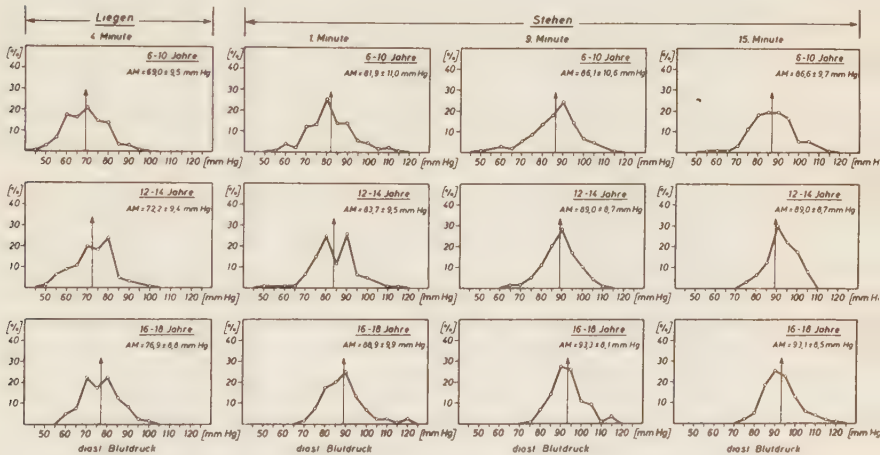


Abb. 6: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen des diastolischen Blutdrucks in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte	12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte	16 bis 18 Jahre		
	AM	G	n		AM	G	n		AM	G	n
4. Liege- minute	69,0	9,5	177	3,2 x	72,2	9,4	120	4,7 xx	76,9	8,8	120
15. Steh- minute	86,6	9,7	135	5,7 xx	92,3	7,2	63	(0,9)	93,1	8,5	101

Tab. 12 Mittelwerte und Streuungen des diastolischen Blutdrucks in der 4. Liege- und 15. Steh-minute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

Lediglich bei 12 bis 14-jährigen Jungen und Mädchen war noch eine geringe Zunahme des diastolischen Druckes bis zur 15. Stehminute zu verzeichnen. In Tab. 12, in der wir für die Altersgruppen die Mittelwertsdifferenzen der diastolischen Werte der 4. Liegeminute denen der 15. Stehminute gegenübergestellt haben, ergab sich zwischen den 6 bis 10-jährigen und 12 bis 14-jährigen Knaben und Mädchen in der 15. Stehminute ein größerer Mittelwertsunterschied als in der letzten Liegeminute vor Beginn der Stehzeit, der sich als "sehr signifikant" erwies, während die Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks zwischen den 12 bis 14-jährigen und 16 bis 18-jährigen Heranwachsenden in der 15. Stehminute praktisch gleich waren im Gegensatz zu den Werten in der Ruhezeit vor dem Aufstehen. Im Ganzen ist jedoch zu sagen, daß die Unterschiede zwischen benachbarten Gruppen 5 mm Hg nicht überschritten.

Die Pulsfrequenz (Abb. 7) wurde durch das aktive Aufstehen in allen Altersklassen erhöht und stieg danach bis zur 15. Stehminute weiter an. Vergleicht man die Altersunterschiede bezüglich der Pulsfrequenz in der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen mit denen in der 15. Stehminute (Tab. 13), so findet man zwischen den Heranwachsenden im Alter von 6 bis 10 und 12 bis 14 Jahren in der 15. Stehminute bezüglich der Pulsfrequenz keinen Altersunterschied mehr, während die Mittelwerte der Pulsfrequenz zwischen den Altersgruppen der 12 bis 14 und 16 bis 18-jährigen "sehr signifikant" unterschieden waren im Gegensatz zu den nur "wahrscheinlich signifikant" voneinander abweichenden Werten dieser Altersgruppen in der Ruhezeit vor dem Aufstehen.

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte		12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte		16 bis 18 Jahre		
	AM	$\bar{G}$	n			AM	$\bar{G}$	n			AM	$\bar{G}$	n
4. Liege- minute	93,7	12,6	177	7,8 xx		85,9	14,1	120	(3,0) x		82,9	12,3	120
15. Steh- minute	104,7	11,3	135	(0,0)		104,7	11,9	63	10,0 xx		94,7	10,3	101

Tab. 13 Mittelwerte und Streuungen der Pulsfrequenz in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

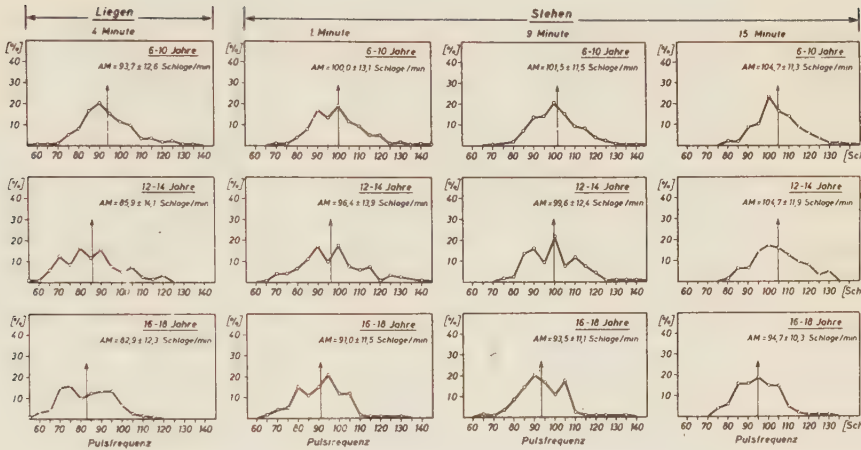


Abb. 7: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen der Pulsfrequenz in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

Bei der gleichartigen Behandlung der Blutdruckamplitude (Abb. 8) findet man in der 1. Stehminute keine nennenswerten Veränderungen gegenüber den Ruhewerten. Lediglich in den Altersgruppen der 6 bis 10 und 16 bis 18-jährigen Jugendlichen läßt sich eine geringfügige Einschränkung der Blutdruckamplitude beobachten. Weiterhin sieht man, daß im Verlauf des Orthostaseversuches die Blutdruckamplitude in allen Altersgruppen fast bis auf 50 % der Ruhewerte eingeengt wurde, wobei die Unterschiede zwischen den Altersgruppen in der 15. Stehminute praktisch verschwunden waren.

Jungen und Mädchen	6 bis 10 Jahre			Differenz der Mittelwerte	12 bis 14 Jahre			Differenz der Mittelwerte	16 bis 18 Jahre		
	AM	σ	n		AM	σ	n		AM	σ	n
4. Liege- minute	35,2	6,5	174	5,6 ^{xx}	41,5	7,2	120	(2,0) ^x	43,5	6,7	119
15. Steh- minute	21,9	5,8	135	(1,2)	20,7	6,3	63	3,3 ^x	24,0	7,3	100

Tab. 14 Mittelwerte und Streuungen der Blutdruckamplitude in der 4. Liege- und 15. Stehminute bei 420 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

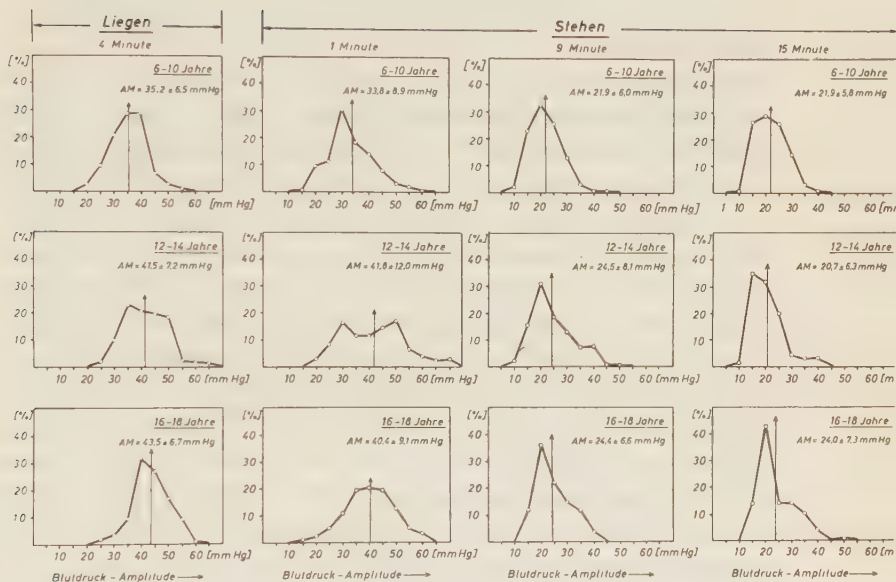


Abb. 8: Prozentuale Häufigkeitsverteilungen der Blutdruckamplitude in verschiedenen Phasen eines Orthostaseversuches bei 417 Jungen und Mädchen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren.

Zwar konnten wir in Tab. 14 rechnerisch zwischen den Heranwachsenden im Alter von 12 bis 14 und 16 bis 18 Jahren in der 15. Stehminute noch einen sich als "signifikant" erweisenden Altersunterschied der Blutdruckamplitude von 3,3 mm Hg ermitteln, doch liegt dieser Wert unter der bei unserer Anordnung möglichen Ablesegenauigkeit von 5 mm Hg.

Zusammenfassend läßt sich darum folgendes feststellen:

Unmittelbar nach dem Aufrichten nahmen Pulsfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck in allen Altersgruppen zu, ohne daß eine systematische Abhängigkeit des Ausmaßes der Veränderungen vom Lebensalter erkennbar gewesen wäre. Die Amplitude blieb praktisch gleich oder wurde nur geringfügig eingeschränkt. Im weiteren Verlauf des Orthostaseversuches beobachteten wir in allen Altersklassen ein Absinken des systolischen und einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks. Die Blutdruckamplitude wurde fast bis auf 50 % der Ruhewerte eingeengt; die Pulsfrequenz nahm während der gesamten Stehzeit kontinuierlich zu. Weiterhin fanden wir im Verlauf des Stehversuches sowohl beim systolischen Blutdruck wie vor allem auch bei der Blutdruckamplitude ein deutliches Kleinerwerden der Altersunterschiede, während wir beim diastolischen Blutdruck und bei der Pulsfrequenz teils eine Zuteils eine Abnahme der Altersdifferenzen feststellen konnten.

Auf Grund dieser bisher beschriebenen Befunde können wir aber noch keine Angaben darüber machen, ab wann die Veränderungen einzelner Kreislaufgrößen als pathologisch anzusehen sind und was als Kriterium des normalen Verhaltens bezeichnet werden kann. Mit diesem Problem, das wir auf Grund der bisher fehlenden Normwerte zur Abgrenzung normaler und pathologischer Formen der Kreislaufreaktion als das Wichtigste bezeichnen, haben wir uns im folgenden Abschnitt zu beschäftigen.

c) Versuch einer Standardisierung des Orthostaseversuches im Kindes- und Jugendalter

Um eine Standardisierung des Orthostaseversuches im Kindesalter durchzuführen, erschien es sinnvoll, die Veränderungen von Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck sowie der Blutdruckamplitude bei denjenigen Heranwachsenden, die 15 Minuten lang stehen konnten, ohne daß subjektiv oder objektiv orthostatische Beschwerden auftraten, mit den Veränderungen bei den Kindern zu vergleichen, die wegen orthostatischer Beschwerden den Stehversuch vorzeitig abbrechen mußten. Als Vergleichsbasis wählten wir dabei jeweils die letzte Stehminute, bei der Normalgruppe also die 15., bei der Gruppe mit orthostatischen Beschwerden die Minute vor Abbruch des Versuches. Da nicht bei allen Kindern eine Stehzeit von 15 Minuten vorgesehen war, stand uns für diese Standardisierung eine Gruppe von 299 Heranwachsenden ohne und eine Gruppe von 39 Kindern mit pathologischen orthostatischen Reaktionen (Kreislaufversagen) zur Verfügung.

In den Abb. 9 bis 11 wurde diese Gegenüberstellung zunächst für die Pulsfrequenz, systolischen und diastolischen Blutdruck durchgeführt. Da sich bei diesen Kreislaufgrößen in der 15. Stehminute noch "signifikante" bzw. "sehr signifikante" Altersunterschiede ergaben (siehe Tab. 11 bis 13), haben wir für diese Gegenüberstellung nicht die absoluten Werte der Kreislaufgrößen herangezogen, sondern jeweils die Differenzen zwischen den Ruhewerten der letzten Liegeminute vor dem Aufstehen und den Werten der letzten Stehminute errechnet. In den Abb. 9 bis 11 haben wir dabei jeweils die prozentuale Häufigkeitsverteilung für die Kreislaufveränderungen in beiden Gruppen berechnet.

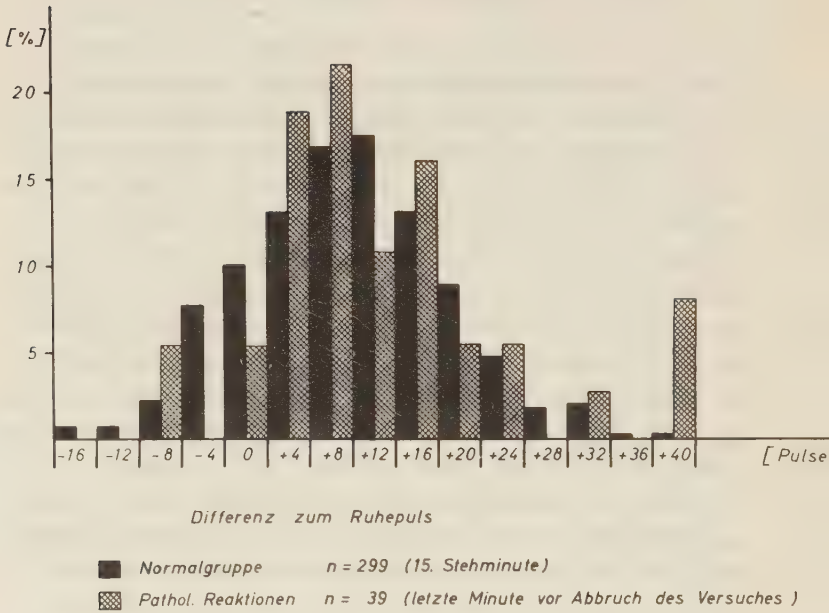


Abb. 9: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhepuls am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Betrachtet man in Abb.9 diese Gegenüberstellung für die Pulsfrequenz, so wird deutlich, daß die Pulsfrequenz in beiden Gruppen ganz erheblich streute, wobei sich die Bereiche beider Gruppen breit überlappten. Es deutet sich bei den meisten Fällen mit pathologischen Orthostasereaktionen lediglich die Tendenz zu einer relativ stärkeren Steigerung der Pulsfrequenz als bei der Normalgruppe an. Der von uns errechnete Mittelwert der Pulsdifferenzen zu den Ruhewerten ergab bei der Normalgruppe bis zur 15. Stehminute eine Pulsfrequenzzunahme um $11,7 \pm 9,5$ Schläge/min, bei den Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen bis zur letzten Minute vor Abbruch des Versuches einen Frequenzanstieg um $14,4 \pm 11,4$ Schläge/min.

Bei der Gegenüberstellung der Differenzen zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks bei den Heranwachsenden ohne orthostatische Beschwerden und der Gruppe mit pathologischen Reaktionen (Abb. 10) entsteht der gleiche Eindruck wie beim Vergleich der Differenzen beider Gruppen zum Ruhewert der Pulsfrequenz. Auch hier fällt auf, daß in beiden Gruppen die Variationsbreite außerordentlich groß war und daß die Häufigkeitsverteilungen beider Gruppen breite Überschneidungen aufwiesen. Die mittlere Differenz zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks betrug bei der Normalgruppe $+ 0,9 \pm 8,2$ mm Hg; bei den Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen lag der systolische Blutdruck in der letzten Minute vor Abbruch des Versuches durchschnittlich um $3,7 \pm 10,8$ mm Hg unter dem Ruhewert. Die Heranwachsenden mit pathologischen Kreislaufreaktionen zeigten also im Durchschnitt ein etwas stärkeres Absinken des systolischen Blutdrucks als die Kinder und Jugendlichen ohne orthostatische

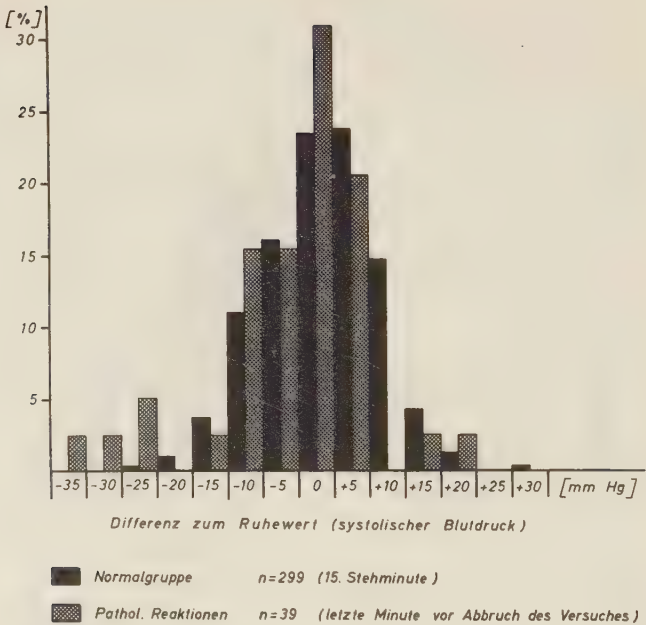


Abb. 10: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenz zum Ruhewert des systolischen Blutdrucks am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Beschwerden, doch war die Verteilung der Werte so uncharakteristisch, daß sich daraus keine Grenzwerte zwischen normaler und pathologischer Reaktion ableiten ließen.

Dasselbe Bild bietet sich bei der gleichartigen Behandlung des diastolischen Blutdrucks. Auch hier fand sich eine starke Streuung der Differenzen zum Ruwert und eine breite Überlappung der Bereiche beider Gruppen (Abb 11). Im einzelnen wiesen die Heranwachsenden der Normalgruppe bis zur 15. Stehminute im Mittel einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks um $17,9 \pm 8,2$ mm Hg auf, während bei den Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen der diastolische Druck bis zur letzten Minute vor Abbruch des Versuches um $19,5 \pm 10,3$ mm Hg im Durchschnitt zunahm.

Betrachtet man abschließend die mittleren Veränderungen von Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck am Ende der Stehzeit gegenüber den Ruwerten im Zusammenhang und vergleicht dabei das Ausmaß dieser Veränderungen bei der Normalgruppe mit den Werten, wie sie bei pathologischen Reaktionen gefunden wurden, so zeigt sich (Tab. 15), daß lediglich beim systolischem Blutdruck die Mittelwertsdifferenzen bei der Gruppen bei der Prüfung über die t-Funktion "signifikant" unterschieden waren. Allerdings lag selbst dieser Wert unter der bei unserer Meßanordnung vorhandenen Ablesegenauigkeit von ≥ 5 mm Hg.

Auf Grund dieser Tatsachen ist die Aufstellung von Grenzwerten der Pulsfrequenz sowie des systolischen und diastolischen Blutdrucks zur Abgrenzung normaler von pathologischen Reaktionen wohl praktisch unmöglich.

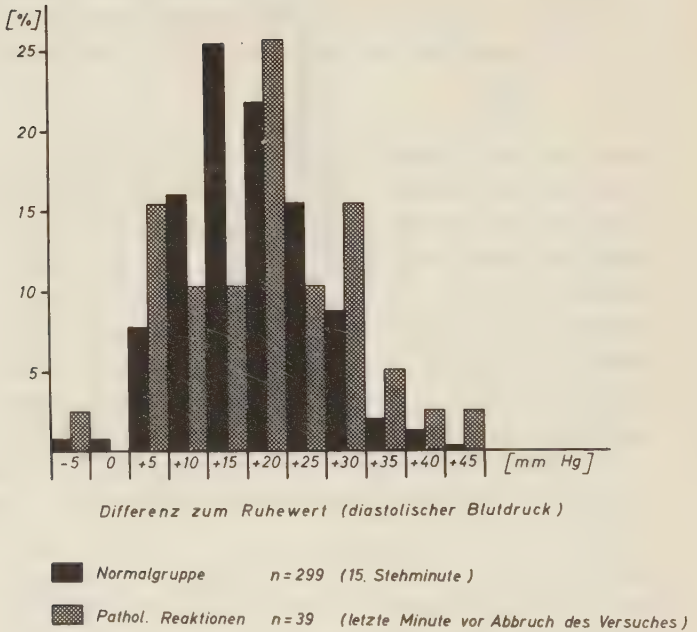


Abb. 11: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenzen zum Ruhewert des diastolischen Blutdrucks am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Jungen und Mädchen	Normalgruppe			Differenz der Mittelwerte	pathol. Reaktionen		
	AM	G	n		AM	G	n
Puls- frequenz	11,7	9,5	299	(2,7)	14,4	11,4	39
systol. Blutdruck	0,9	8,2	299	4,6 x	- 3,7	10,8	39
diastol. Blutdruck	17,9	8,2	299	(1,6)	19,5	10,3	39

Tab. 15 Mittelwerte und Streuungen der Differenzen zu den Ruhewerten von

Pulsfrequenz, systolischem und diastolischem Blutdruck am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen. (Prüfung der Mittelwertsdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion; () = "nicht signifikant"; ()^x = "wahrscheinlich signifikant"; x = "signifikant"; xx = "sehr signifikant")

In Abb. 12 haben wir darum die Veränderungen der Blutdruckamplitude bei Heranwachsenden, die ohne orthostatische Beschwerden bis zur 15. Minute stehen konnten, mit den Veränderungen bei den Heranwachsenden verglichen, die wegen starker orthostatischer Beschwerden den Stehversuch abbrechen mußten. Auch hier wählten wir als Vergleichsbasis jeweils die letzte Stehminute, bei der Normalgruppe also die 15., bei der Gruppe mit orthostatischen Beschwerden die Minute vor Abbruch des Versuches. Da wir in der 15. Stehminute praktisch keine Altersunterschiede bezüglich der Blutdruckamplitude mehr vorfanden (siehe Tab. 14), konnten wir für diese Gegenüberstellung die absoluten Werte der Blutdruckamplitude verwenden.

Es zeigt sich in Abb. 12, daß die in beiden Gruppen vorkommenden Amplitudenbereiche deutlich gegeneinander verschoben sind. So findet sich das Dichtemittel in der Normalgruppe bei einer Amplitude von 20 mm Hg, während das Häufigkeitsmaximum in der Gruppe mit pathologischen Reaktionen bei 10 mm Hg lag.

Noch schärfer wird die Unterscheidung, wenn man bedenkt, daß in über 50 % der Fälle mit pathologischen Reaktionen die Blutdruckamplitude in der letzten Stehminute bei 10 mm Hg lag, während in der Normalgruppe solche Werte nur extrem selten vorkamen.

Auch eine Blutdruckamplitude von 15 mm Hg wurde in überwiegender Häufigkeit bei pathologischen Reaktionen beobachtet, kam aber auch bei der Normalgruppe noch so oft vor, daß dieser Wert nicht als Grenze zum Normalen brauchbar ist.

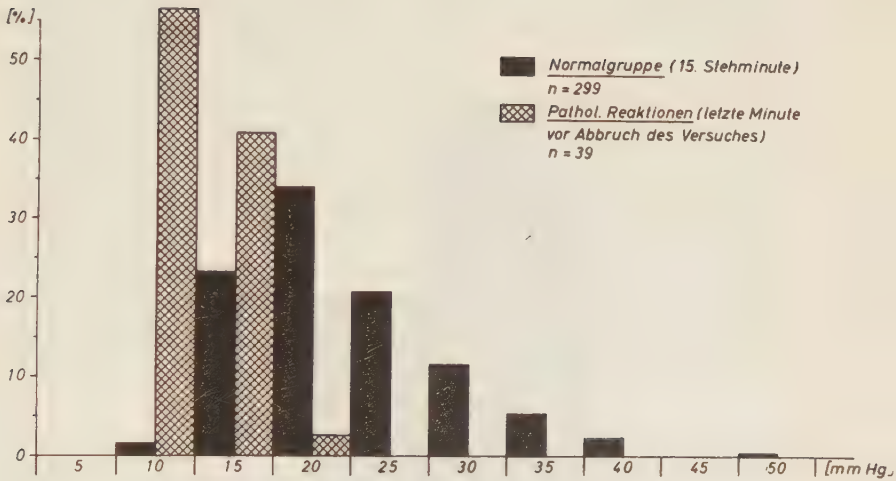


Abb. 12: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Blutdruck-amplitude am Ende eines Orthostaseversuches bei 299 Heranwachsenden ohne (■) und 39 Heranwachsenden mit pathologischen Reaktionen (▨)

Völlig anders ist eine Blutdruckamplitude von 20 mm Hg zu beurteilen. Hier lag das Dichtemittel der Normalgruppe in der 15. Stehminute und nur in einem einzigen Fall mußte der Versuch bei einer Amplitude von 20 mm Hg wegen orthostatischer Beschwerden abgebrochen werden.

Für die statistische Überprüfung dieses Befundes war die Anwendung der t-Funktion nicht möglich, da es sich um einseitig schiefe Verteilungen unterschiedlicher Schiefe handelte. Wir prüften daher den Unterschied der Häufigkeitsverteilungen unter Zugrundelegung der O-Hypothese über eine 2 · x-Felder-Tafel. Dabei ergab sich, daß beide Verteilungen mit einer Wahrscheinlichkeit von $p < 0,1\%$ nicht der gleichen Grundgesamtheit entstammen können.

Auf Grund der Ergebnisse unserer Untersuchungen an 420 Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren, von denen in der Anamnese keine orthostatischen Kreislaufregulationsstörungen angegeben wurden, läßt sich daher feststellen, daß sich allein die Blutdruckamplitude zur Abgrenzung normaler und pathologischer Reaktionen eignet.

Bei einer Stehdauer von 15 Minuten kann man das vorzeitige Auftreten einer Blutdruckamplitude im Wert von 10 mm Hg unabhängig von Lebensalter und Geschlecht immer als Zeichen einer pathologischen Reaktion werten, während Blutdruckamplituden von 15 mm Hg einen Übergangsbereich kennzeichnen. Blutdruckamplituden von 20 mm Hg stellen die sichere Grenze des Normalen dar.

Auf Grund dieser Befunde möchten wir empfehlen, in Zukunft bei der Durchführung von Orthostaseversuchen auf die Pulsfrequenzmessung zu verzichten und die

gesamte Aufmerksamkeit den quantitativen Veränderungen der Blutdruckamplitude zuzuwenden.

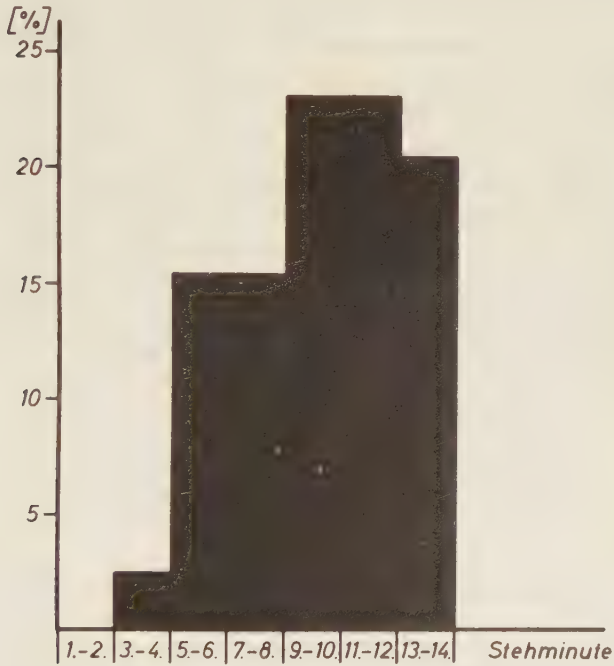


Abb. 13: Prozentuale Häufigkeit der Fälle mit Kreislaufversagen (n = 39) in den einzelnen Stehminuten bei Orthostaseversuchen an 338 Heranwachsenden im Alter zwischen 6 und 18 Jahren

Abschließend haben wir in Abb. 13 die prozentuale Häufigkeit der Fälle mit Kreislaufversagen auf die einzelnen Stehminuten dargestellt. Von den 338 Heranwachsenden, die wir über eine Stehdauer von 15 Minuten beobachten konnten, mußten 39 Kinder und Jugendliche wegen Kreislaufversagens den Stehversuch vorzeitig abbrechen. In der von SCHELLONG für Orthostaseversuche vorgeschlagenen Stehzeit von 8 Minuten trat in 13 Fällen, im Zeitraum zwischen der 9. und 14. Stehminute dagegen in 26 Fällen ein Kreislaufversagen auf, während in der 15. Minute bei unserem Untersuchungsgut kein orthostatischer Kreislaufkollaps mehr zu beobachten war. Diese Ergebnisse unterstreichen eindeutig die Notwendigkeit, bei Orthostaseversuchen eine Stehdauer von wenigstens 15 Minuten einzuhalten.

6. Diskussion der Ergebnisse

Betrachtet man die Ergebnisse unserer Untersuchungen im Zusammenhang mit den in der Literatur vorliegenden Befunden, so lassen sich folgende Übereinstimmungen und Unterschiede feststellen:

Wie wir bereits in unserer Literaturübersicht dargelegt haben, wurden zwar von einigen Untersuchern Beispiele normaler orthostatischer Kreislaufreaktionen im Kindes- und Jugendalter angegeben, jedoch keine Kriterien festgelegt, bei welchen Werten die Grenzen der normalen orthostatischen Kreislaufreaktion erreicht sind. Lediglich KÖTTGEN und BOLT (34) bezeichneten aufgrund der Ergebnisse von THIELE (70) bei Orthostaseversuchen an 50 Kindern beiderlei Geschlechts im Alter von 7 bis 10 Jahren eine Pulsfrequenzerhöhung bis 30 % und eine Amplitudenverkleinerung bis auf 50 % der Ruhewerte als Grenze einer normalen Kreislaufregulation beim Stehen.

Wie wir anhand unserer Ergebnisse zeigen konnten, ist es aber nicht entscheidend, ob die Blutdruckamplitude bis auf einen gewissen Prozentsatz ihres Ausgangswertes eingeengt wird, sondern bedeutsam ist allein der absolute Wert der Blutdruckamplitude. Dies läßt sich auch an einem einfachen Beispiel erklären: So fanden wir bei Kindern unseres Untersuchungsgutes im Alter von 6 bis 10 Jahren Ruhewerte der Blutdruckamplitude zwischen 20 und 50 mm Hg. Eine Einschränkung der Blutdruckamplitude während des Stehens auf 50 % des Ruhewertes würde demnach einmal einen absoluten Wert von 10 mm Hg ergeben, was nach unseren Ergebnissen stets als Zeichen einer pathologischen Reaktion zu werten ist, während im andern Falle eine Amplitude von 25 mm Hg während des Stehens eine völlig normale

Kreislaufregulation anzeigt. Weiterhin konnten wir bei einer Gegenüberstellung der Kinder und Jugendlichen mit Kreislaufversagen und der Heranwachsenden, die bis zur 15. Minute ohne Zusammenbruch der Kreislaufregulation stehen konnten, feststellen, daß die Pulsfrequenz in beiden Gruppen erheblich streute, wobei sich die Bereiche beider Gruppen breit überlappten. Außerdem war die mittlere Pulsfrequenzzunahme beider Gruppen während der Stehzeit statistisch "nicht signifikant" unterschieden. Aufgrund dieser Befunde lassen sich die Veränderungen der Pulsfrequenz während des Stehens nicht zur Abgrenzung normaler oder pathologischer Kreislaufreaktionen verwenden.

KIRCHHOFF (28) sowie KIRCHHOFF und EICHLER (29) versuchten aufgrund von Orthostaseversuchen an 65 bzw. 160 Jungen und Mädchen verschiedener Reifungsstufen pathologische Kreislaufformen anhand von quantitativen Kriterien gegenüber der Normalreaktion abzugrenzen. Die von diesen Untersuchern angegebenen Kriterien zur Kennzeichnung der normalen und pathologischen Kreislaufreaktion wurden bereits in unserer Literaturübersicht erwähnt. Sie sollen aber an dieser Stelle wegen ihrer Bedeutung und zur Erleichterung einer Gegenüberstellung mit unseren Ergebnissen noch einmal ausführlich aufgeführt werden.

Nach Angaben von KIRCHHOFF und EICHLER liegt eine normale orthostatische Kreislaufregulation bei Heranwachsenden vor, wenn Pulsfrequenz und Blutdruck während des Stehens nur geringe Abweichungen von den Ruhewerten zeigen. Im allgemeinen fällt der systolische Blutdruck um 10 bis 15 mm Hg, der diastolische Blutdruck steigt an, wodurch es zu einer Verkleinerung der Blutdruckamplitude kommt, die aber noch ausreichend ist, um den

Anforderungen, die an den Kreislauf bei aufrechtem Stehen gestellt werden, gerecht zu werden. Der durchschnittliche Anstieg der Pulsfrequenz beträgt 10 bis 20 % des Ruhewertes.

Als orthostatische Labilität werden stärkere Schwankungen der Blutdruckwerte bei noch ausreichender Blutdruckamplitude von 15 bis 20 mm Hg sowie eine Erhöhung der Pulsfrequenz um 30 bis 40 Schläge/min bezeichnet.

Von der orthostatischen Labilität wurde die Kreislaufregulationsstörung begrifflich abgetrennt. Sie liegt vor bei Amplitudenverkleinerung bis auf 15 mm Hg und darunter oder bei Kreislaufversagen.

Diese von KIRCHHOFF und EICHLER angegebenen Kriterien normaler und pathologischer Kreislaufreaktionen während des Orthostaseversuchs stellen die bisher einzigen klaren Aussagen hinsichtlich einer quantitativen Beurteilung von Orthostaseversuchen im Kindes- und Jugendalter dar. Bei näherer Betrachtung dieser Aussagen fällt auf, daß bereits KIRCHHOFF und EICHLER die quantitativen Veränderungen der Blutdruckamplitude als zentrales Kriterium zur Abgrenzung normaler und pathologischer orthostatischer Reaktionen benutzten.

Aufgrund unserer Untersuchungsergebnisse konnten wir nachweisen, daß sich weder der systolische noch der diastolische Blutdruck, noch die Veränderungen der Pulsfrequenz zu einer quantitativen Standardisierung normaler oder pathologischer Kreislaufreaktionen beim Orthostaseversuch eignen, da Lebensalter und Stehdauer eine erhebliche Streuung der Kreislaufveränderungen bedingen. Sieht man nun von den aufgrund dieser Ergebnisse nicht als Kriterien verwendbaren Angaben über die

Veränderungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks sowie der Pulsfrequenz ab, so finden sich bei KIRCHHOFF und EICHLER schließlich fast dieselben Kriterien der normalen und pathologischen Kreislaufreaktion, die wir auch bei der Auswertung unserer Untersuchungen aufzeigen konnten.

Die Einteilung von KIRCHHOFF und EICHLER in normale orthostatische Kreislaufregulation, orthostatische Labilität und orthostatische Kreislaufregulationsstörung können wir deshalb ohne weiteres übernehmen, weil sich bei unseren Untersuchungen im Verhalten der Blutdruckamplitude deutlich 3 Bereiche abzeichneten (siehe auch Abb. 12), nämlich eine Blutdruckamplitude im Wert von 20 mm Hg und mehr als Häufigkeitsmaximum der Gruppe ohne orthostatische Beschwerden, eine Blutdruckamplitude von 15 mm Hg, die einen Übergangsbereich kennzeichnet und schließlich eine Blutdruckamplitude im Wert von 10 mm Hg, bei der das Dichtemittel der Heranwachsenden mit Kreislaufversagen lag.

Die eigentlichen Unterschiede bei einer Gegenüberstellung der Aussagen von KIRCHHOFF und EICHLER und unserer Ergebnisse liegen nun darin, daß sich entgegen der Auffassung dieser Untersucher Blutdruckamplituden im Wert von 20 mm Hg nicht als Grenze des Pathologischen verwerten lassen; sie stellen vielmehr die sichere Grenze des Normalen dar. Weiterhin können wir eine Kreislaufregulationsstörung im Gegensatz zu KIRCHHOFF und EICHLER erst bei einer Amplitude im Wert von 10 mm Hg. annehmen, da hier das Häufigkeitsmaximum der Heranwachsenden mit Kreislaufversagen lag, während bei einer Amplitude von 15 mm Hg noch relativ viele Heranwachsende ohne Kreislaufversagen stehen konnten.

Diese Befunde ließen sich auch statistisch sichern.

Worauf diese relativ geringen, für die Beurteilung der quantitativen Veränderungen der Blutdruckamplitude während des Orthostaseversuches jedoch sehr wichtigen Unterschiede beim Vergleich der Kriterien von KIRCHHOFF und EICHLER mit den von uns gefundenen zurückzuführen sind, wird schwer zu beurteilen sein. Leider fehlen bei KIRCHHOFF und EICHLER in der Beschreibung der von ihnen angewandten Methodik Angaben über die bei der Blutdruckmessung benutzten auskultatorischen Kriterien sowie der bei den Kindern angewendeten Manschettenbreiten. Falls beispielsweise keine optimalen Manschettenbreiten verwendet wurden oder der Blutdruckmessung andere auskultatorische Kriterien zugrunde lagen als bei unseren Blutdruckbestimmungen, wären bereits Unterschiede bezüglich der Meßergebnisse vorhanden und damit auch erklärt. Außerdem sind keine Anhaltspunkte, weder Abbildungen noch statistische Unterlegungen vorhanden, die begründen, warum gerade die angegebenen und nicht andere Werte der Blutdruckamplitude als Kriterien der normalen und pathologischen orthostatischen Reaktionen verwendet wurden. Schließlich dauerte die Stehzeit bei den von KIRCHHOFF und EICHLER durchgeführten Orthostaseversuchen nur 10 Minuten. Bei den in unserem Untersuchungsgut beobachteten Fällen mit Kreislaufversagen trat dieses in über 50 % erst nach der 9. Stehminute auf, wobei häufig schon einige Zeit vorher von Seiten der Kinder über subjektive Beschwerden geklagt, bzw. bei unseren Messungen eine Einengung der Blutdruckamplitude auf 15 mm Hg festgestellt wurde, woraus sich dann nach einigen Minuten ein Kreislaufversagen entwickelte. So ist es denkbar, daß KIRCHHOFF und EICHLER aufgrund der kürzeren Stehdauer seltener Blutdruckamplituden von 10 mm Hg beobachten konnten und in der

Hauptsache ein Versagen der Kreislaufregulation bei Blutdruckamplituden im Wert von 15 mm Hg erfaßten, was ja auch bei unserem Untersuchungsgut nicht selten bei einer Amplitudeneinengung auf 15 mm Hg auftrat (siehe Abb. 12). Aufgrund unserer Untersuchungen und der soeben aufgezeigten Unklarheiten bezüglich der von KIRCHHOFF und EICHLER vorgeschlagenen Kriterien möchten wir daher empfehlen, bei Orthostaseversuchen im Kindes- und Jugendalter auf die Pulsfrequenzmessung zu verzichten und eine Beurteilung der Versuche unter Beibehaltung der von KIRCHHOFF und EICHLER getroffenen Einteilung in "normale orthostatische Kreislaufregulation", "orthostatische Labilität" und "orthostatische Kreislaufregulationsstörung" lediglich nach den von uns erarbeiteten Kriterien, die allein auf den quantitativen Veränderungen der Blutdruckamplitude basieren, vorzunehmen.

Da wir an unserem Untersuchungsgut im Rahmen der Orthostaseversuche auch den Ruheblutdruck bestimmten und als Ergebnis ein Ansteigen der Blutdruckwerte mit zunehmendem Lebensalter fanden, erfordert diese Beobachtung schließlich noch eine gesonderte Besprechung.

Dazu wollen wir nun nicht die von uns ermittelten Ruhewerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks mit den absoluten Meßergebnissen anderer Untersucher vergleichen, da die angewandten Methoden, Manschettenbreiten und Untersuchungsbedingungen variierten, sondern lediglich prüfen, ob sich der von uns gefundene Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks durch die Ergebnisse anderer Untersucher stützen beziehungsweise widerlegen läßt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit haben wir deshalb in Tab. 16 die von anderen Autoren bei

ihrem Untersuchungsgut gefundenen Ergebnisse mit den unseren verglichen. Um die durch methodische Unterschiede bedingten Streuungen der absoluten Werte einigermaßen auszugleichen, haben wir dabei jeweils die Differenzen der Werte des systolischen und diastolischen Blutdrucks zwischen den jüngsten und ältesten Heranwachsenden der von uns aus dem Untersuchungsgut dieser Autoren ausgewählten Altersgruppen berechnet. Dieses Vorgehen wird verständlich, wenn man bedenkt, daß eine eventuelle altersabhängige Zunahme der Blutdruckwerte auch dann deutlich werden muß, wenn zwar methodische Unterschiede in verschiedenen Untersuchungsreihen vorliegen, jedoch innerhalb einer Untersuchungsreihe dieselbe Methodik angewandt wurde.

Bei Betrachtung der Tab. 16 fällt auf, daß die Zunahme des systolischen Blutdrucks bei allen Untersuchern in dem entsprechenden Altersabschnitt gut mit der bei unseren Ergebnissen festgestellten Zunahme übereinstimmt. So nahm der systolische Blutdruck bei Buben und Mädchen vom 6. bis 18. Lebensjahr zwischen 21 und 30 mm Hg, vom 6. bis 16. Lebensjahr zwischen 21 und 26 mm Hg, vom 6. bis 14. Lebensjahr zwischen 14 und 20 mm Hg und vom 10. bis 18. Lebensjahr um 15 bis 19 mm Hg zu.

Kein so einheitliches Bild bietet sich bei der Beobachtung des diastolischen Blutdrucks. Zwar fanden auch hier alle Untersucher einen Anstieg mit zunehmendem Lebensalter, jedoch variiert das Ausmaß des Anstiegs zum Teil erheblich. Zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr fand RICHEY (49) einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks um 10 bis 16 mm Hg, was mit der von uns ermittelten Zunahme um 14 bis 15 mm Hg gut übereinstimmt. Ebenso lassen sich die Ergebnisse von FABER und JAMES (15), die vom 6. bis 16. Lebensjahr eine Zunahme der

Untersucher	ausgewählter Alters- abschnitt [Jahre]	systol. Blutdruck Zunahme [mm Hg]	diastol. Blutdruck Zunahme [mm Hg]
SUNDAL (55) (n = 1932, 4 - 19 Jahre)	6 - 18 ♂ ♀	30 26	-- --
RICHEY (49) (n = 1147, 5 - 18 Jahre)	6 - 18 ♂ ♀	27 21	16 10
BETTAG (n = 420, 6 - 18 Jahre) opt. Manschettenbreite	6 - 18 ♂ ♀	25 25	15 14
FABER u. JAMES (15) (n = 1100, 3 - 17 Jahre)	6 - 16 ♂ ♀	26 26	16 19
GRAHAM, HINES u. GAGE (19) (n = 3580, Längsschnitt, 6 - 18 Jahre)	6 - 16	21	6
BETTAG (n = 420, 6 - 18 Jahre) opt. Manschettenbreite	6 - 16 ♂ ♀	18 22	15 14
MEYER (40) (n = 320, 6 - 14 Jahre)	6 - 14 ♂ ♀	14 18	4 6
KIRSCHSIEPER (31) (n = 300, 1.Monat-14 Jahre) opt. Manschettenbreite	6 - 14	14	12
BETTAG (n = 420, 6 - 18 Jahre) opt. Manschettenbreite	6 - 14 ♂ ♀	18 20	12 10
SCHWENK, EGGERS-HOHMANN u. GENSCH (68) (n = 894, 10 - 21 Jahre)	10 - 18 ♂ ♀	-- 19	-- 15
RUTENFRANZ (51) (n = 200, 10 - 18 Jahre) opt. Manschettenbreite	10 - 18	18	15
BETTAG (n = 420, 6 - 18 Jahre) opt. Manschettenbreite	10 - 18 ♂ ♀	18 15	10 8

Tab. 16 Anstieg der Ruhewerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks bei Heranwachsenden zwischen 6. und 18., 6. und 16., 6. und 14. sowie 10. und 18. Lebensjahr nach Blutdruckmessungen verschiedener Untersucher

diastolischen Werte um 16 bis 19 mm Hg fanden, gut mit dem von uns angegebenen Anstieg um 14 bis 15 mm Hg in Einklang bringen, wogegen GRAHAM, HINES und GAGE (19) in diesem Altersabschnitt nur einen Anstieg des diastolischen Blutdrucks um 6 mm Hg im Durchschnitt beobachteten. Ein ähnliches Ergebnis bietet sich bei Betrachtung der nächsten Gruppe. Hier fanden wir zwischen dem 6. und 14. Lebensjahr ein Anwachsen der diastolischen Werte um 10 bis 12 mm Hg, was mit dem von KIRSCHSIEPER (31) angegebenen Zuwachs genau übereinstimmt, während MEYER (40) einen geringeren Anstieg um 4 bis 6 mm Hg feststellte. Im Alter von 10 bis 18 Jahren beobachteten RUTENFRANZ (51) sowie SCHWENK, EGGERS-HOHMANN und GENSCHE (68) eine Zunahme des diastolischen Druckes um 15 mm Hg, während wir im gleichen Zeitraum nur einen Anstieg um 8 bis 10 mm Hg feststellen konnten.

Der von GRAHAM, HINES und GAGE im Alter zwischen 6 und 16 Jahren sowie der von MEYER im Alter zwischen 6 und 14 Jahren angegebene relativ geringe Anstieg des diastolischen Blutdrucks dürfte im wesentlichen dadurch zu erklären sein, daß diese beiden Untersucher nur das Verschwinden des KOROTTKOFF-Geräusches verwendeten, was hinsichtlich der Meßergebnisse für den diastolischen Blutdruck innerhalb desselben Untersuchungsgutes zu unterschiedlichen Aussagen führt. Bei manchen Kindern ist nämlich das Gefäßgeräusch bis 0 mm Hg hörbar und man muß dann das erste Leiserwerden der Gefäßtöne als diastolisches Kriterium verwenden. Nicht durch solche methodischen Unterschiede zu erklären sind jedoch die Unterschiede zwischen der von SCHWENK, EGGERS-HOHMANN und GENSCHE (68) sowie von RUTENFRANZ (51) im Alter zwischen 10 und 18 Jahren beobachteten Zunahme des diastolischen Blutdrucks und dem von uns

gefundenen Anstieg, zumal die Meßanordnung bei den Untersuchungen von RUTENFRANZ und bei unseren Untersuchungen völlig gleich waren. Wir glauben nicht, daß die immer variierenden und nicht auszuschaltenden Einflüsse auf den Blutdruck, wie tageszeitliche Schwankungen sowie psychische Affekte durch die ungewohnte Untersuchungssituation, die ja bei allen derartigen Untersuchungen vorhanden sind, für diese Unterschiede allein verantwortlich gemacht werden können.

Zusammenfassend können wir jedoch feststellen, daß der bei unseren Heranwachsenden mit zunehmendem Lebensalter beobachtete Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks aufgrund der Meßergebnisse dieser Untersucher an einem zum Teil wesentlich größeren Untersuchungsgut grundsätzlich bestätigt werden konnte, wenn auch hinsichtlich des Ausmaßes dieses Anstiegs teilweise nicht zu klärende Unterschiede zu unseren Beobachtungen vorhanden waren.

V. Zusammenfassung

Nach einer Einführung in die Vorgänge der Kreislaufregelung bei Änderung der Körperlage im Schwerfeld der Erde folgt eine Besprechung des Orthostaseversuches, der verschiedenen Möglichkeiten seiner Beurteilung und der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse nach Angaben in der Literatur.

Eigene Untersuchungen wurden an 420 Kindern und Jugendlichen beiderlei Geschlechts im Alter zwischen 6 und 18 Jahren vorgenommen. Die Stehzeit dauerte bei 338 Heranwachsenden 15 Minuten, 82 Kinder und Jugendliche wurden nur über eine Stehzeit von 9 Minuten beobachtet.

Bei kritischer Würdigung der Ergebnisse konnten wir auf Grund statistischer Prüfungen feststellen, daß sich lediglich die Blutdruckamplitude zur Abgrenzung normaler und pathologischer Reaktionen eignet. Auf Grund dieser Befunde möchten wir daher empfehlen, bei Orthostaseversuchen im Kindes- und Jugendalter auf die Pulsfrequenzmessung zu verzichten und eine Beurteilung der Versuche nach den von uns erarbeiteten Kriterien, die allein auf den quantitativen Veränderungen der Blutdruckamplitude basieren, wie folgt vorzunehmen:

Legt man eine angestrebte Stehdauer von 15 Minuten zu Grunde, so ist eine "normale orthostatische Kreislaufreaktion" dadurch gekennzeichnet, daß die Blutdruckamplitude bis zur 15. Stehminute einen Wert von 20 mm Hg nicht unterschreitet.

Zeichen einer "orthostatischen Labilität" ist eine stärkere Einengung der Blutdruckamplitude, die aber

bis zur 15. Stehminute mindestens noch einen Wert von 15 mm Hg behält.

Eine "orthostatische Kreislaufregulationsstörung" liegt vor, wenn ein- oder mehrmalige Amplitudenverkleinerungen bis auf einen Wert von 10 mm Hg und darunter auftreten oder der Versuch wegen Kreislaufversagens abgebrochen werden muß.

Bei unseren Untersuchungen wurde auch vor und nach dem Stehen bei Ruhe im Liegen der Blutdruck bestimmt. Dabei ergab sich mit zunehmendem Lebensalter ein Anstieg der Ruhewerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks. Eine Abhängigkeit der Ruhewerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks vom Geschlecht konnte dagegen nicht nachgewiesen werden.

Literaturverzeichnis

- 1) ANSCHÜTZ, F.: Der durch dünne Extremitäten und durch das Vorliegen von Druckpulsen mit hohem Frequenzgehalt auftretende Fehler bei der auskultatorischen Blutdruckmessung nach RIVA-ROCCI/KOROTKOFF. Z. Kreisl.-Forsch. 43, 344 (1954).
- 2) ASMUSSEN, E., E. CHRISTENSEN, u. M. NIELSEN: Pulsfrequenz und Körperstellung. Skand. Arch. Physiol. 81, 190 (1939).
- 3) ASMUSSEN, E., E. CHRISTENSEN, u. M. NIELSEN: Die Effektivität der Blutdruckregulation in verschiedenen Körperstellungen. Skand. Arch. Physiol. 81, 204 (1939).
- 4) ASMUSSEN, E., E. CHRISTENSEN, u. M. NIELSEN: Über die Kreislaufinsuffizienz in stehender Stellung bei normalem arteriellem Druck und herabgesetztem Minutenvolumen. Skand. Arch. Physiol. 81, 214 (1939).
- 5) BACH, F.: Ergebnisse von Massenuntersuchungen über die sportliche Leistungsfähigkeit und das Wachstum Jugendlicher in Bayern. Frankfurt: Limpert 1955.
- 6) BORDLEY III, J., CH.A.R. CONNOR, W.F. HAMILTON, W.J. KERR, and C.J. WIGGERS: Recommendations for human blood pressure determinations by sphygmomanometers. Circulation 4, 503 (1951).

- 7) BRADBURY, S., and C. EGGLESTON: Postural hypotension: A report of three cases. Amer. Heart J. 1, 73 (1925).
- 8) BREHM, H., u. K. WEZLER: Untersuchungen zur Frage der Kreislaufregulation des Menschen beim Wechsel der Körperlage. Z. ges. exp. Med. 120, 481 (1953).
- 9) BRÜCK, K. u. D. OLTMANN: Zur Diagnostik und Therapie der orthostatischen Dysregulation des Kindes. Prüfung des Präparates Carnigen. Mschr. Kinderheilk. 105, 7 (1957).
- 10) BUDELMANN, G.: In der Praxis mögliche Untersuchungsmethoden des Kreislaufsystems. Med. Klinik 17, 715 (1957).
- 11) CAPEK-SCHACHNER, E., u. W. SWOBODA: Zur Diagnostik und Behandlung orthostatischer Kreislaufregulationsstörungen im Kindesalter. Wien.klin. Wschr. 678, (1955).
- 12) DUESBERG, R., u. W. SCHRÖDER: Pathophysiologie und Klinik der Kollapszustände. Leipzig: S. Hirzel 1944.
- 13) EICHLER, R., u. H.W. KIRCHHOFF: Hämodynamische Untersuchungen über die Kreislaufregulation bei Lageänderung des Körpers. Z. Kinderheilk. 75, 167 (1954).

- 14) EWERBECK, H., u. K. WECHSELBERG: Der Kreislauf und seine Störungen. In: H. OPITZ u. B. DE RUDDER, Pädiatrie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1957.
- 15) FABER, H.K. and C.A. JAMES: The range and distribution of blood pressures in normal children. Amer. J. Dis. Child. 22, 7 (1921).
- 16) FREY, J.: Experimentelle Untersuchungen über den Blutkreislauf bei Einwirkung hydrostatischer Kräfte. Arch. Kreisl.-Forsch. 7, 8 (1940/41).
- 17) GEIMER, M.: Über die Behandlung von Kreislaufregulationsstörungen im Kindesalter. Med. Welt 1624 (1961).
- 18) GENZ, H., u. R. B. STOLOWSKY: Zur Diagnose und Therapie der orthostatischen Kreislaufstörungen im Kindesalter. Dtsch.med.Wschr. 81, 407 (1956).
- 19) GRAHAM, A.W., E.A. HINES and R.P. GAGE: Blood pressures in children between the ages of five and sixteen years. Amer. J. Dis. Child. 69, 203 (1945).
- 20) GRASER, F.: Störungen des Kreislaufs. In: H. OPITZ u. F. SCHMID Handb. d. Kinderheilk. 7, 965 Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1966.
- 21) GRASER, F., u. E. NELL: Die postinfektiösen Kreislaufstörungen im Kindesalter. Mschr. Kinderheilk. 100, 332 (1952).

- 22) GUERNSEY, M. and H. WALD: The influence of gravity on the circulation. Amer. J. Physiol. 105, 42 (1933).
- 23) HENCKEL, H., u. K. von ZIMMERMANN: Orthostase-EKG und klinischer Ablauf der orthostatischen Kreislaufstörungen bei Kindern. Mschr. Kinderheilk. 101, 234 (1953).
- 24) KALOUD, H.: Zur Kreislauffunktionsprüfung mittels Stehversuch beim vegetativ dystonen Kinde. Ann. paediat. Basel 182, 295 (1954).
- 25) KEUTH, U., u. M. PEUSQUENS: Die hämodynamischen Kreislaufgrößen im Säuglings- und Kindesalter. (Normwerte und vergleichende Untersuchungen). Z. Kinderheilk. 78, 379 (1956).
- 26) KIRCHHOFF, H.W.: Über die Bedeutung der heutigen beim Kinde anwendbaren Untersuchungsmethoden für die Erkrankung und Behandlung von Kreislaufregulationsstörungen. Arch. Kinderheilk. 146, 50 (1953).
- 27) KIRCHHOFF, H.W.: Über den kindlichen Kreislauf. Erg. inn. Med. u. Kinderheilk. 5, 156 (1954).
- 28) KIRCHHOFF, H.W.: Untersuchungen über die Kreislaufregulation des Kindes und der Jugendlichen. Ärztl. Jugendkunde 52, 129 (1960).
- 29) KIRCHHOFF, H.W., u. R. EICHLER: Untersuchungen über die Kreislaufregulation im Reifungsalter. Z. Kinderheilk. 72, 113 (1952).

- 30) KIRCHHOFF, H.W., u. R. EICHLER: Zur Therapie kindlicher Kreislaufregulationsstörungen. Med. Klinik 1379 (1954).
- 31) KIRSCHSIEPER, H.M., u. J. RUTENFRANZ: Bestimmung des arteriellen Blutdrucks. In: H. OPITZ u. F. SCHMID, Handbuch der Kinderheilkunde II/1, 213 Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1966.
- 32) KLINKE, K.: Funktionelle Störungen im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung des Schulalters. Hippokrates 24, 771 (1956).
- 33) KÖTTGEN, U.: Zur Untersuchung und Behandlung kindlicher Kreislaufschäden in der Praxis. Therapie der Gegenwart 98/2, 80 (1959).
- 34) KÖTTGEN, U., u. W. BOLT: Kreislauf. In: J. BROCK, Biologische Daten für den Kinderarzt. 1, 352 Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1954.
- 35) KOROTKOFF, N.S.: Izv. Imp. Vogeno Med. Akad. St. Petersburg 11, 365 (1905). Zit. nach G.W. PICKERING: High Blood Pressure. London: Churchill 1955.
- 36) MANSFELD, G., u. K. LANG: Die Kreislaufregulation im Wachstumsalter. Wissenschaftliche Jugendkunde, Heft 3, München: J.A. Barth 1962.
- 37) MATEEFF, D., u. CHR. PETROFF: Die Bedeutung des Muskeltonus für den Blutkreislauf. Klin. Wschr. 6, 217 (1934).

- 38) MATTHES, K.: Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit fortlaufend registrierenden Methoden. Stuttgart: G. Thieme 1951.
- 39) MECHELKE, K., u. P. CHRISTIAN: Formen und Bedeutung abnormer Regelungsvorgänge im Kreislauf. Z. Kreisl.-Forsch. 47, 246 (1958).
- 40) MEYER, E.: Blutdruckuntersuchungen an gesunden und kranken Kindern. Z. Kinderheilk. 47, 560 (1929).
- 41) MÜLLER, E.A., u. W. HIMMELMANN: Geräte zur kontinuierlichen fotoelektrischen Pulszählung. Int. Z. angew. Physiol. 16, 400 (1957).
- 42) NITSCH, K.: Untersuchungen über die Kreislaufregulation bei organisch gesunden Kindern. Mschr. Kinderheilk. 96, 296 (1948/49).
- 43) NYLIN, G.: The relation between heart volumen and strike volumen in recumbent and erect positions. Scand. Arch. Physiol. 69, 237 (1934).
- 44) PARR, F.: Zur Äthiologie und Therapie der orthostatischen Kreislaufstörungen. Klin. Wschr. 493 (1952).
- 45) RAGAN, CH., and J. BORDLEY III: The accuracy of clinical measurements of arterial blood pressure, with a note on the auscultatory gap. Bull. Johns Hopk. Hosp. 69, 504 (1941).

- 46) REICHEL, H.: Die nervale Regulation des Kreislaufs. In.: Wehrdienst und Gesundheit, IV, 91. Darmstadt: Wehr und Wissen Verlagsges. 1962.
- 47) REIN, H., u. M. SCHNEIDER: Physiologie des Menschen. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960.
- 48) REINDELL, H., E. SCHILDGE, H. KLEPZIG, u. H.W. KIRCHHOFF: Kreislaufregulation. Eine physiologische, pathologische und klinische Studie. Stuttgart: G. Thieme 1955.
- 49) RICHEY, H.G.: The blood pressure in boys and girls before and after puberty: Its relation to growth and to maturity. Amer. J. Dis. Child. 42, 1281 (1931).
- 50) ROBINOW, M., W.F. HAMILTON, R.A. WOODBURY, and P. P. VOLPITTO: Accuracy of clinical determinations of blood pressure in children with values under normal and abnormal conditions. Amer. J. Dis. Child. 58, 102 (1939).
- 51) RUTENFRANZ, J.: Die Bedeutung von Blutdruck, Pulsfrequenz und Orthostaseversuch für die Beurteilung des Herz- Kreislaufsystems bei erwerbstätigen Jugendlichen. Ärztl. Mitteilungen, 46. Jahrg. 29, 1631 (1961).
- 52) RUTENFRANZ, J.: Funktionsdiagnostik des Herz-Kreislaufsystems. In.: H. OPITZ u. F. SCHMID II/1, 225 Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1966.

- 53) RUTENFRANZ, J., TH. HELLBRÜGGE, E. KEILHACKER,
u. R. HOCKE: Über das Verhalten des Blut-
drucks von Kindern und Jugendlichen bei
körperlicher Aktivität und in Ruhe. II.
Mitteilung. Z. Kinderheilk. 86, 104 (1961).
- 54) SECKEL, H.: Kreislaufsystem und zirkulierende
Blutmenge bei kranken Kindern. III. Mit-
teilung: Die orthostatische Vasoneurose
der älteren Kinder. Jb. Kinderheilk. 137,
51 (1932).
- 55) SUNDAL, A.: Der normale Blutdruck im Alter von
3 bis 20 Jahren. Eine Untersuchung an
1932 Kindern und Jugendlichen in Oslo
(Norwegen). Z. Kinderheilk. 47, 742 (1929).
- 56) SCHELLONG, F.: Störung der Kreislaufregulation,
ein neues Symptom bei Insuffizienz des
Hypophysenvorderlappens. Klin. Wschr. 10,
100 (1931).
- 57) SCHELLONG, F.: Über einige Vorgänge bei der Kreis-
laufregulation und ihre Verwertung für eine
praktische Funktionsprüfung. Münchn. med.
Wschr. 79, 1176 (1932).
- 58) SCHELLONG, F.: Arterielle Hypotension. Verh.
dtsh. Ges. Inn. Med. 45, 143 (1933).
- 59) SCHELLONG, F.: Klinische Untersuchungen über
Kreislaufregulation in aufrechter Körper-
stellung. Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-
Forsch. 176 (1933).

- 60) SCHELLONG, F.: Funktionsprüfung des Kreislaufs als Untersuchungsmethode. Klin. Wschr. 15, 361 (1936).
- 61) SCHELLONG, F., u. M. HEINEMEIER: Über die Kreislaufregulation in aufrechter Körperstellung und ihre Störungen. I. Mitteilung. Z. ges. exp. Med. 89, 49 (1933a).
- 62) SCHELLONG, F., u. M. HEINEMEIER: Über die Kreislaufregulation in aufrechter Körperstellung und ihre Störungen. II. Mitteilung: Gute Regulation und Übergang zum Kollaps. Z. ges. exp. Med. 89, 61 (1933b).
- 63) SCHELLONG, F., u. B. LÜDERITZ: Regulationsprüfung des Kreislaufs: Funktionelle Differentialdiagnose von Herz-¹ und Gefäßstörungen. Darmstadt: Steinkopff 1954.
- 64) SCHENNETTEN, F.P.N.: Die orthostatisch bedingten Kreislaufumstellungen in ihrer Auswirkung auf Puls, Blutdruck und EKG und ihre Beeinflussung durch Atropin. Arch. Kreisl.-Forsch. 11, 326 (1943).
- 65) SCHIRGER, A., E.A. HINES, G.D. MOLNAR and J.E. THOMAS: Orthostatic hypotension. Proc. Mayo Clin. 36, 239 (1961).
- 66) SCHMIDT-VOIGT, J.: Das Körperbild im Reifungsalter. Erg. inn. Med. 64, 995 (1945).
- 67) SCHMIDT-VOIGT, J.: Kreislaufstörungen in der ärztlichen Praxis. Symptomatik, Diagnostik, Therapie. Aulendorf: Editio Cantor 1950.

- 68) SCHWENK, A., EGGERS-HOHMANN, G., u. F. GENSCH:
Arterieller Blutdruck, Vasomotorismus und
Menarchetermin bei Mädchen im 2. Lebens-
jahrzehnt. Arch. Kinderheilk. 150, 235
(1955).
- 69) STEGEMANN, J., u. M. MAGGIO: Die additive Wirkung
der Führungsgrößen Hypoxämie und Muskel-
leistung auf die Regulation des Kreislaufs.
Pflügers Arch. ges. Physiol. 265, 541
(1958).
- 70) THIELE, H.: Über das Verhalten des Kreislaufs von
gesunden Kindern im Liegen, Stehen und nach
Belastung. Inaug. Diss. Mainz 1952.
- 71) TURNER, A.H.: The adjustment of heart rate and
arterial pressure in healthy young women
during prolonged standing. Amer. J. Physiol.
81, 197 (1927).
- 72) TURNER, A.H.: Personal character of the prolonged
standing circulatory reaction and factors
influencing it. Amer. J. Physiol. 87, 667
(1928/29).
- 73) TURNER, A.H., I. NEWTON, and F. HAYNES: The circu-
latory reaction to gravity in healthy young
women. Evidence regarding its precision and
its instability. Amer. J. Physiol. 93, 693
(1930).
- 74) TURNER, A.H., M. ISABEL, I. NEWTON, and F. HAYNES:
The circulatory reaction to gravity in healthy
young women. Amer. J. Physiol. 94, 507 (1930).

- 75) VOGT, D.: Morphologische Beurteilung von Wachstum und Entwicklung des Kindes. In: H. OPITZ u. F. SCHMID, Handbuch der Kinderheilkunde II/1, 148 Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1966.
- 76) WAGNER, E.: Fortgesetzte Untersuchungen über den Einfluß der Schwere auf den Kreislauf. Pflügers Arch. ges. Physiol. 39, 371 (1886).
- 77) WAGNER, R.: Probleme und Beispiele biologischer Regelung. Stuttgart: G. Thieme 1954.
- 78) WAGNER, R.: Allgemeine Prinzipien der Regelung des Kreislaufs. Verh. dtsh. Ges. Kreisl.-Forsch. 25. Tagung, 3 (1959).
- 79) WEZLER, K., u. KL. GOYERT: Eine Methode zur Funktionsprüfung der Blutdruckzügler am Menschen. Z. Kreisl.-Forsch. 29, 241 (1937).

N a c h w o r t

Es ist mir ein Anliegen, Herrn Privatdozent Dr. med. Dr. phil. J. Rutenfranz für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Auswertung der Ergebnisse vielmals zu danken.

Herrn Professor Dr. med. Th. Hellbrügge danke ich für die Übernahme des Referates.

Für die Befürwortung unserer Untersuchungen an den Schulen des Stadt- und Landkreises Speyer bin ich dem Leiter des dortigen Gesundheitsamtes, Herrn Obermedizinalrat Dr. med. R. Neumayer sowie Herrn Schulrat Zirker sehr dankbar.

An dieser Stelle möchte ich auch den Herren Rektoren der Volksschulen Dudenhofen und Heiligenstein, den Direktorinnen des Mädchengymnasiums Nikolaus von Weiss-Schule und der Frauenschule St. Marienheim in Speyer sowie dem Direktor des Landeserziehungsheims St. Josef in Landau - Queichheim für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen bei der Durchführung unserer Untersuchungen vielmals danken.

Herrn Dr. med. R. Hocke gilt mein besonderer Dank dafür, daß er jederzeit zu Rat und Hilfe bereit war.

Frau H. Kylian sage ich für die Ausführung der Zeichnungen herzlichen Dank.

L e b e n s l a u f

Am 10. August 1938 wurde ich als Tochter des Verwaltungsrats Alfons Kaufmann und seiner Ehefrau Paula, geb. Diebold, in Speyer geboren.

1944 trat ich in die Volksschule Speyer ein, besuchte ab 1948 das humanistische Gymnasium Speyer, wechselte 1951 in die Staatliche Aufbauschule für Mädchen Speyer über, wo ich nach 8-jährigem Besuch der Höheren Schule im Februar 1956 das Abitur bestand.

Anschließend studierte ich 4 Semester lang an der Pädagogischen Hochschule Landau/Pfalz und war nach bestandenen 1. Pädagogischen Staatsexamen 2 Jahre in Esthal/Pfalz als Volksschullehrerin tätig. Am 15. April 1960 schied ich auf eigenen Wunsch aus dem Rheinland-Pfälzischen Schuldienst aus.

Im Sommersemester 1960 begann ich an der Universität Heidelberg das Studium der Medizin, setzte es nach 2 Semestern an der Universität München fort und bestand dort nach 11 Semestern am 15. Februar 1966 das Medizinische Staatsexamen. Zur Zeit bin ich als Medizinal-Assistentin am Städtischen Krankenhaus Speyer tätig.

Seit 19. Februar 1965 bin ich mit dem Medizinal-Assistenten Clemens Bettag verheiratet.

